

**PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA
EMPRESA LÁMINAS Y CORTES INDUSTRIALES S.A UTILIZANDO LA
TÉCNICA DEL ESTUDIO DEL TRABAJO**

JUAN DAVID MONTOYA MURIEL

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

**PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA
EMPRESA LÁMINAS Y CORTES INDUSTRIALES S.A UTILIZANDO LA
TÉCNICA DEL ESTUDIO DEL TRABAJO**

JUAN DAVID MONTOYA MURIEL

**PASANTÍA INSTITUCIONAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

**DIRECTOR
GIOVANNI ARIAS CASTRO
INGENIERO INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Industrial.

HARVEY JARAMILLO

Jurado

LUIS ALBERTO GARCIA

Jurado

Santiago de Cali, 31 de julio de 2012

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. ANTECEDENTES	30
4. MARCO REFERENCIAL	22
4.1 MARCO TEORICO	22
4.2 ESTUDIO DE MÉTODOS	22
4.2.1 Propósito de la operación.	22
4.2.2 Diseño de partes	22
4.2.3 Tolerancias y especificaciones	22
4.2.4 Material	23
4.2.5 Secuencia Y Procesos De Manufactura	23
4.2.6 Preparación y herramientas	23
4.2.7 Distribución de planta	23
4.2.8 Diseño del trabajo	23
4.2.9 Diagramas	23
4.3 ESTUDIO DE TIEMPOS	25
4.3.1 Equipo utilizado en los estudios de tiempos	25
4.3.2 Elección del operario	26
4.3.3 Métodos para el registro de tiempos	27
4.3.4 Ciclos de estudio	27
4.3.5 Desempeño del operario	29

4.3.6 Suplementos	30
4.4 CASOS ESPECIALES EN LA PRODUCCIÓN	32
5. OBJETIVOS	33
5.1 OBJETIVO GENERAL	33
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	33
6. METODOLOGÍA	34
6.1 ETAPA 1: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO	34
6.1.1 Creación de cartas de proceso	34
6.1.2 Descomponer cartas de procesos en elementos	34
6.1.3 Generar propuestas de mejora	35
6.2 ETAPA 2: ESTABLECER LOS TIEMPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO	35
6.3 ETAPA 3: IDENTIFICAR CASOS ESPECIALES	36
7. DESARROLLO DEL ESTUDIO DEL TRABAJO	37
7.1 CARTA DE PROCESO Y DESCOMPOSICIÓN EN ELEMENTOS	37
7.1.1 Proceso de corte con cizalla	37
7.1.2 Proceso de doblado tipo descendente	42
7.1.3 Proceso de doblado CNC	45
7.1.4 Proceso de rolado	48
7.1.5 Proceso de taladrado	55
7.1.6 Proceso de punzonado	59
7.1.7 Proceso de corte con Pantógrafo	62
7.2 ESTUDIO DE TIEMPOS	71
7.2.1 Cizallas	72
7.2.2 Dobladoras	73
7.2.3 Taladros	73
7.2.4 Punzonadora	75

7.2.5 Roladoras	76
7.2.6 Proceso de corte con pantógrafo	78
7.3 CASOS ESPECIALES	84
7.3.1 Casos especiales en el corte con cizalla	84
7.3.2 Casos especiales en el proceso de doblado	85
7.3.3 Casos especiales del proceso de rolado	87
7.3.4 Casos especiales proceso de perforación con taladro	91
7.4 PROPUESTAS DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO	91
7.4.1 Establecer un punto de abastecimiento y otro de despacho	92
7.4.2 Demarcar zona de productos terminados	93
7.4.3 Establecer zonas de soldadura y pulido	95
7.4.4 Delimitar áreas de abastecimiento y de productos terminados para las diferentes máquinas	99
7.4.5 Establecer un orden para los diferentes tipos de láminas	101
7.4.6 Establecer un orden para los retales que pueden ser utilizados en los diferentes procesos productivos	103
7.4.7 Evitar obstaculizar los pasillos y el transporte a través de la planta	104
7.4.8 Colocar cerca a las máquinas arrumes con las láminas que utilizan	104
7.4.9 Disminuir el uso del puente grúa	105
7.4.10 Uso de montacargas hidráulico	108
7.4.11 Evitar transportes innecesarios de materiales y/o productos	108
7.4.12 Utilizar al máximo los espacios	110
7.4.13 Establecer el tipo y lugar de herramientas utilizadas en cada puesto de trabajo	111
7.4.14 Realizar mantenimiento y mejorar condiciones de infraestructura	111
8. CONCLUSIONES	114
9. RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Símbolos del diagrama de proceso	Pág. 24
--------------------------------------------------	--------------------

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Número recomendados de ciclos a observar	28
Cuadro 2. Suplementos de la OIT en porcentaje del tiempo normal	31
Cuadro 3. Tipo de materiales utilizados en los procesos productivos	32
Cuadro 4. Especificaciones de cizallas	39
Cuadro 5. Especificaciones de dobladora (convencional)	43
Cuadro 6. Especificaciones de dobladora (CNC)	47
Cuadro 7. Especificaciones de roladora (Grande)	52
Cuadro 8. Especificaciones de roladora (Pequeña)	55
Cuadro 9. Especificaciones de taladro 1 (taladro de árbol)	58
Cuadro 10. Especificaciones de taladro 2	58
Cuadro 11. Especificaciones punzonadora	61
Cuadro 12. Especificaciones pantógrafo (CNC)	66
Cuadro 13. Tiempos obtenidos para el proceso de corte con cizalla 1	72
Cuadro 14. Tiempos obtenidos para el proceso de corte con cizalla 2	72
Cuadro 15. Tiempos obtenidos para el proceso de Doblado	73
Cuadro 16. Tiempos obtenidos para el proceso de perforado del taladro 1	74
Cuadro 17. Tiempos obtenidos para el proceso de perforado del taladro 2	75
Cuadro 18. Tiempos obtenidos para el proceso de rolado de la roladora grande	76
Cuadro 19. Tiempos obtenidos para el proceso de rolado de la roladora pequeña	77
Cuadro 20. Tiempos obtenidos para el proceso de prevent en dobladoras	85

Cuadro 21. Tiempos obtenidos para el proceso de grafado en
dobladoras 86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de diagrama de procesos para el ensamble de un juguete sencillo	Pág. 25
Figura 2. Imagen de la máquina cizalla 1	38
Figura 3. Imagen de la máquina cizalla 2	38
Figura 4. Imagen de la máquina dobladora 1	42
Figura 5. Imagen de la máquina dobladora 2	46
Figura 6. Imagen de la maquina roladora grande	49
Figura 7. Imagen de la máquina roladora pequeña	53
Figura 8. Imagen de la máquina taladro 1	56
Figura 9. Imagen de la máquina taladro 2	56
Figura 10. Imagen de la máquina punzonadora	59
Figura 11. Imagen de la máquina pantógrafo CNC	62
Figura 12. Imagen de la máquina pantógrafo óptico	64
Figura 13. Formato para el registro de los tiempos	68
Figura 14. Formato de registro de tiempos (parte de alistamiento)	69
Figura 15. Formato de registro de tiempo (parte de operación)	70
Figura 16. Cuadro con el cálculo de los suplementos	71
Figura 17. Imagen del alistamiento del pantógrafo	78
Figura 18. Tabla para el cálculo del tiempo de corte con plasma en Hierro	79
Figura 19. Tabla para el cálculo del tiempo de corte con plasma en Acero Inoxidable	80
Figura 20. Tabla para el cálculo del tiempo de oxicorte	81

Figura 21. Imagen del corte cuando se realiza a la velocidad correcta	83
Figura 22. Imagen del regulador de velocidad de corte pantógrafo óptico	83
Figura 23. Imagen de corte con plasma	85
Figura 24. Imagen de la matriz para elaboración de aros, canales, ángulos	88
Figura 25. Imagen de la elaboración de conos	88
Figura 26. Imagen del proceso de cierre de cono con martillo	89
Figura 27. Imagen de la prensa utilizada para elaboración y/o cierre de Conos	89
Figura 28. Imagen de los codos	90
Figura 29. Imagen del rolado de lámina	90
Figura 30. Imagen proceso de abastecimiento de materias primas	92
Figura 31. Imagen del proceso de despacho de productos terminados	93
Figura 32. Imagen del proceso de despacho de chatarra	93
Figura 33. Imagen de la zona de productos terminados	94
Figura 34. Imagen de la propuesta de limitación de zonas de despacho	94
Figura 35. Imagen de la propuesta de soporte para la zona 1B	95
Figura 36. Imagen de la pulidora en el suelo de la planta	96
Figura 37. Imagen del proceso de pulido	96
Figura 38. Imagen del proceso de corte con tortuga	97
Figura 39. Imagen del proceso de soldadura en la roladora	97
Figura 40. Imagen del proceso de soldadura cerca a otros puestos de trabajo	98
Figura 41. Imagen del área actual de soldadura	98
Figura 42. Imagen de productos terminados acumulados	99

Figura 43. Imagen material de producción en espera	100
Figura 44. Imagen de productos terminado a un lado de la máquina	100
Figura 45. Imagen de arrumes de láminas	101
Figura 46. Imagen de varios formatos de lámina apilados	102
Figura 47. Imagen de arrume de láminas con objetos encima	102
Figura 48. Imagen de retales utilizados por el pantógrafo CNC	103
Figura 49. Imagen de retales utilizados en el pantógrafo óptico	103
Figura 50. Imagen de pasillo de la planta	104
Figura 51. Imagen de arrumes de láminas existentes	105
Figura 52. Imagen de la ubicación de los ejes de Acero	105
Figura 53. Imagen del puente grúa	106
Figura 54. Imagen del transporte de chatarra a lugar de despacho	106
Figura 55. Imagen del transporte de varias piezas pequeñas a lugar de despacho	107
Figura 56. Imagen de carreta para el transporte de retales o piezas pequeñas	107
Figura 57. Imagen de montacargas manual	108
Figura 58. Imagen de la chatarra de la planta	109
Figura 59. Imagen de productos en proceso	109
Figura 60. Imagen de puesto para el perforado	110
Figura 61. Imagen de la zona trasera del pantógrafo	110
Figura 62. Imagen de herramientas en los puestos de trabajo	111
Figura 63. Imagen de filtración del techo en la zona de corte con pantógrafo	111

LISTA DE ANEXOS	Pág.
Anexo A. Cursograma analítico tipo material para el corte con cizalla	118
Anexo B. Diagrama de flujo con la cizalla 1	119
Anexo C. Diagrama de flujo cizalla 2	120
Anexo D. Cursograma analítico tipo material dobladora convencional	121
Anexo E. Diagrama de flujo dobladora convencional	122
Anexo F. Cursograma analítico tipo material dobladora CNC	123
Anexo G. Diagrama de flujo para la dobladora CNC	124
Anexo H. Cursograma analítico tipo material para la roladora grande (alistamiento convencional)	125
Anexo I. Cursograma analítico tipo material para la roladora grande (cambio de matriz)	126
Anexo J. Cursograma analítico tipo material para roladora 1 (cambio de rodillo)	127
Anexo K. Cursograma analítico tipo material para la roladora pequeña	128
Anexo L. Diagrama flujo para el proceso de rolado	129
Anexo M. Cursograma analítico tipo material para los taladros	130
Anexo N. Diagrama de flujo para los taladros	131
Anexo O. Cursograma analítico tipo material para la punzonadora	132
Anexo P. Cursograma analítico tipo material para el pantógrafo CNC	133
Anexo Q. Diagrama de flujo pantógrafo CNC	134
Anexo R. Cursograma analítico tipo material para el pantógrafo óptico	135
Anexo S. Diagrama de flujo para el pantógrafo óptico	136

LISTA DE ANEXOS DIGITALES

Anexo v1. Formatos de registro de tiempos

Anexo v2. Hojas de cálculo para el tiempo de corte en pantógrafos

RESUMEN

en los procesos de alistamiento de material y despacho de productos terminados. El presente proyecto implementa un estudio de trabajo en la empresa Láminas y Cortes industriales, con el objetivo de proponer mejoras que reduzcan los tiempos de producción en cada uno de los puestos de trabajo, también.

En primer lugar, se definen las principales actividades realizadas en cada uno de los procesos productivos mediante observación directa y cartas de proceso, luego se transforman las cartas de proceso en elementos y se acomodan en formatos para el registro de los tiempos.

Después de registrar los tiempos teniendo en cuenta los suplementos de acuerdo al tipo de trabajo, se determinan los valores de tiempo promedio por proceso productivo de acuerdo a las variables tamaño de lámina y espesor del material acomodando dicha información en cuadros.

Posteriormente se especifican los casos especiales que se presentan en los diferentes procesos de fabricación y se especifican los tiempos promedio observados de acuerdo a la información analizada.

Por último de acuerdo a la información obtenida y analizada se realizan varias propuestas de mejora que en caso de ser aplicadas permitan disminuir los tiempos de fabricación de los diferentes productos.

Palabras clave: métodos, tiempo, medición, registro de tiempo, tiempo cronometrado, tiempo normal, suplementos.

INTRODUCCIÓN

En los comienzos de la industrialización la producción masiva trajo consigo diversos retos o desafíos para las personas encargadas de generar bienes y servicios; dentro de las variables analizadas se encontró que uno de los factores determinantes para la productividad es el tiempo; ya que éste podía aumentar los costos de fabricación en gran medida y afectar las utilidades de las empresas; debido a ésta y a muchas otras razones las organizaciones comenzaron a normalizar sus procesos productivos tratando de establecer tiempos de producción con el menor valor y costo posible.

Para lograr la normalización de un proceso el primer paso a seguir es conocer en su totalidad la manera cómo se trabaja o se elabora dicho proceso, para esto se cuenta con herramientas como el diagrama de flujo y el diagrama de procesos, los cuales ilustran el orden del desarrollo de un determinado producto o servicio y los factores que intervienen en su elaboración; después de haber identificado el proceso se debe tratar de mejorarlo, cuantificando los resultados obtenidos en términos de tiempo y de dinero, obteniendo como resultado la certeza de que el proceso que se va a normalizar es mejor que el anterior y generará beneficios para la organización.

Como resultado de una buena normalización en la fábrica se obtendrá una mejor planeación de la producción, además se tendrá un estimado del tiempo que emplearan los operarios en producir un determinado artículo y en caso de que dicho artículo tenga que pasar por varios procesos se tendrá una aproximación del tiempo que tardará en cada uno de ellos obteniendo como resultado el tiempo total de su producción.

El objetivo de este proyecto es definir la manera como se trabaja en la fábrica, estableciendo el tiempo que tarda producir determinados artículos en determinadas máquinas, para esto se hará uso de diferentes herramientas de ingeniería, obteniendo como resultado varias propuestas que permitan mejorar el proceso actual; todo esto se hará con el fin de reducir los tiempos de producción, incrementar la productividad de la empresa y beneficiar tanto al personal de la planta como a los diferentes clientes que requieran de su servicio.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa presenta problemas en la manera como se desarrollan los diferentes procesos productivos, debido a que se trabaja con diferentes tipos de productos fabricados bajo pedido con las especificaciones requeridas por el cliente; al tratar de normalizar un proceso en el que se trabajan diferentes tipos de productos se pueden generar diversas dificultades, ya que debido a la variedad de los productos a fabricar se deben realizar casos especiales de alistamiento, o se presentan variaciones en el proceso de operación que representan más tiempo para el proceso de fabricación y un sobre costo para la empresa.

La empresa igualmente, no cuenta con indicadores de producción ya que los operarios trabajan con un ritmo de producción establecido por estos, lo cual genera incertidumbre y desorden al momento de obtener la producción. Por otra parte, se tiene dificultades en cuanto al flujo del proceso y al ingreso de insumos a éste, debido a que no se cuenta con un área de almacenamiento que logre abastecer a todas las máquinas de una manera eficiente, además, el proceso no se encuentra organizado de una manera que permita el fácil ingreso de materia prima o el transporte de productos terminados hacia el área de despacho.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a la problemática planteada la pregunta que se pretende resolver es:
¿De qué manera se pueden mejorar los procesos de producción de las diferentes máquinas, reducir los tiempos de fabricación y aumentar la productividad?

Las preguntas que se deben resolver para llegar a la respuesta de la pregunta principal son:

¿Cómo es cada uno de los diferentes procesos de fabricación en la empresa y cuánto tarda la producción de cada pieza?

¿De qué manera se pueden disminuir los tiempos de fabricación de las piezas o productos?

¿Cuáles son los casos de fabricación de productos que representan mayor tiempo en el proceso de operación y/o alistamiento?

2. JUSTIFICACIÓN

Para cualquier tipo de industria es importante conocer el tiempo que tarda la fabricación de sus productos, en el caso de LÁMINAS Y CORTES INDUSTRIALES S.A se presenta incertidumbre en el tiempo que tarda la producción de piezas, por lo cual el éxito de este proyecto genera beneficios para la organización y para otros agentes.

Los agentes beneficiados en la aplicación y buenos resultados de este proyecto son principalmente tres:

La empresa: con la implementación de este proyecto se generan beneficios a nivel técnico, ya que con los resultados obtenidos se podrá planear la producción de manera eficiente, se podrá mejorar la secuencia de los procesos productivos disminuyendo el transporte excesivo de material a través de la planta, además se podrán identificar casos especiales en el alistamiento y en la producción.

Otros de los beneficios que obtiene la empresa con el proyecto son de carácter económico, debido a que con los resultados obtenidos se podrán determinar los precios de los productos de acuerdo al tiempo que tarda su fabricación, estableciendo el precio justo para los clientes y para la organización.

Social: los beneficios a nivel social se verán reflejados en los trabajadores, ya que al normalizar el proceso y estandarizar los tiempos la empresa puede generar un plan de incentivos que permita aumentar sus ingresos y mejorar sus condiciones de vida.

Estudiante: el proyecto genera como beneficio para el estudiante de Ingeniería Industrial la realización de su pasantía empresarial, permitiéndole aplicar el conocimiento adquirido durante toda su carrera a una problemática real que se presenta en una organización, adquiriendo experiencia laboral, aumentando su formación personal y preparándolo para un mercado cada vez más competitivo.

3. ANTECEDENTES

Láminas y cortes industriales S.A fue fundada el 7 de octubre de 1995 en la ciudad de Cali orientada a la producción y comercialización de láminas enteras de acero al carbón e inoxidables y servicios de corte para entonces contaba con una sola máquina de producción (pantógrafo) y dos personas distribuidas en la planta administrativa y de producción. El incremento en la producción y la adquisición de nuevas tecnologías (CNC) obligo a una ampliación de su planta de producción en el año 2002, trasladándose al lugar donde se encuentra ubicada hoy.

En la actualidad la empresa cuenta con una nueva sede la cual entro en funcionamiento en diciembre de 2006, entre las dos sedes se prestan los servicios que se tenían al inicio y adicionalmente se prestan los servicios de corte con cizalla, perforado, doblez, mecanizado de piezas, doblado de tubería, rolado y construcciones metalmecánicas de todo tipo, importaciones de láminas de acero, al carbón

Al igual que muchas empresas a medida que fueron pasando los años y las cantidades demandadas de producción se hicieron más grandes, en LÁMINAS Y CORTES INDUSTRIALES S.A se dieron cuenta de lo importante que es conocer el tiempo que tarda la elaboración de sus productos, ya que estos tiempos son la base para la planeación de la producción teniendo siempre como meta la satisfacción del cliente y el cumplimiento de sus pedidos.

A continuación se relacionan estudios realizados en empresas a nivel nacional e internacional con problemáticas similares a la tratada en este proyecto:

La empresa ITC Ingeniería de plásticos industriales, mediante el proyecto que desarrollo Diego Fernando González Escobar en el año 2009logró: “conocer, medir y documentar los procesos de fabricación que desarrolla la empresa mediante el desglose de las operaciones inherentes al proceso de fabricación de cada pieza específica, estas piezas son los productos con mayor demanda, costo beneficio y son representativas para el porcentaje más grande de ganancias que obtiene la compañía.”¹

¹ González Escobar, Diego Fernando; Estandarización de procesos de fábrica y elaboración de indicadores de producción en la empresa ITC ingeniería de plásticos industriales; Santiago de Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, 2009. p 16.

Otra necesidad que surge al momento de producir es determinar la manera como se desarrollan los procesos productivos en las diferentes empresas; por ejemplo en el proyecto que desarrollaron Luz Natalia Cardona Londoño y Juan Diego Sanz en el año 2007 en la empresa G&L Ingenieros LTDA “se evidenció la falta de un estudio de métodos y la problemática en que se enfrentan al programar su producción, puesto que esta es elaborada de acuerdo con la experiencia de su jefe de producción, afectando de manera directa los tiempos de entrega a los clientes.”² En esta empresa al no tener establecidos los procesos además del incumplimiento se generaban costos variaban significativamente a lo largo del tiempo perjudicando las utilidades de la empresa.

La necesidad de establecer la manera como se desarrollan los diferentes procesos productivos y el tiempo que tarda realizarlos surge debido a los costos que giran en torno a dichos procesos; un claro ejemplo de esta situación se presenta en el proyecto que desarrollo Vanessa Quintero Echeverry en la empresa manufacturera de refrigeradores Fridval LTDA en el año 2008 y en el cual se logra determinar el problema crítico que acontece en esta empresa, que es el desconocimiento de los costos del proceso de producción por producto y la capacidad de su planta”³.

En los tres casos anteriores debido a diversos motivos fue necesario desarrollar estudios que permitieran establecer la manera como se desarrolla la producción y conocer el tiempo que tardaba en llevarse a cabo; posteriormente al tener claridad en el desarrollo de los procesos se generaron e inclusive se implementaron propuestas de mejora para reducir dichos tiempos.

Este tipo de problemática se presenta en todas las empresas a nivel mundial; por ejemplo a nivel latinoamericano, en Ecuador Vicente Salomón Sánchez Guailupo realizó un proyecto que tenía por objeto:

(...)realizar un estudio para el mejoramiento de la línea de producción de clavos negros de una planta industrial dedicada al procesamiento de alambres de acero que está ubicada en la ciudad de Guayaquil; los problemas que presentaba la

² CARDONA Londoño, Luz Natalia; SANZ, Juan Diego; Proyecto propuesta de mejora de métodos y determinación de los tiempos estándar de producción en la empresa G&L Ingenieros LTDA; Pereira, Colombia: Universidad tecnológica de Pereira, 2007. P 16.

³ ECHEVERRY Quintero, Vanessa; Estudio de métodos y tiempos para la elaboración e implementación de diagramas de procesos ajustados efectivamente a la productividad y a los estándares exigidos para la empresa manufacturera de refrigeradores Fridval LTDA; Santiago de Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, 2008. p 12.

*línea de producción eran niveles elevados de desperdicio, bajos índices de productividad con respecto a los índices de diseño, condiciones de trabajo no adecuadas para el buen desenvolvimiento del trabajador, paros constantes de máquinas lo que causa niveles bajos de eficiencia, problemas con el departamento de compras, entre otras causas que fueron revisadas durante el estudio.*⁴

En la tesis anterior se realizó un análisis y diagnóstico de la situación actual de las líneas de producción describiendo sus procesos y áreas físicas, además se usaron herramientas como análisis de métodos y tiempos los cuales generaron diagramas de flujo y de operaciones, para después con base a los resultados obtenidos generar propuestas de mejora y analizando su viabilidad.

⁴ SÁNCHEZ Ocampo, Vicente Salomón; Mejoramiento de la línea de producción de clavos negros de una planta procesadora de alambres de acero; Guayaquil, Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral, 2002. P 6.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEORICO

A continuación se definen los aspectos y términos necesarios para el desarrollo del proyecto, también para su comprensión, metodología y el análisis de los resultados.

4.2 ESTUDIO DE MÉTODOS

El análisis del método se basa en el estudio de las operaciones para identificar los elementos productivos e improductivos que componen dicha operación; también al realizar correctamente esta actividad se puede aumentar la productividad, reducir costos y mejorar la calidad en los procesos productivos. Este análisis se puede realizar para el diseño de puestos de trabajo nuevos y para el mejoramiento de los ya existentes, obteniendo como resultado un centro de trabajo eficiente.

Para realizar el análisis del método es recomendable tener en cuenta los nueve enfoques principales que plantea Niebel⁵, los cuales son:

4.2.1 Propósito de la operación. Se debe tratar de eliminar o combinar una operación antes de mejorarla.

4.2.2 Diseño de partes. Se debe tratar de simplificar los diseños reduciendo el número de partes, disminuyendo por ende el número de operaciones y las distancias recorridas en la fabricación, ensamblando mejor las partes, facilitando el maquinado y utilizando mejor los materiales.

4.2.3 Tolerancias y especificaciones. Se debe tener claridad en cuanto a las tolerancias y especificaciones que son requeridas para los productos, ya que deben ser establecidas con base al uso que el cliente le va a dar a dichos productos.

⁵NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris; Ingeniería industrial métodos, Estándares y diseño del trabajo, 11ª edición, Editorial: Alfaomega, México, D.F; 2004, Pp 73-119.

4.2.4 Material. Se debe tratar de encontrar materiales menos costosos y fáciles de procesar, para así usarlos de una manera más económica; también se pueden utilizar materiales de desecho (reciclaje).

4.2.5 Secuencia Y Procesos De Manufactura. Se debe tratar de mejorar la secuencia del proceso productivo.

4.2.6 Preparación y herramientas. Se debe tratar de mejorar la manera como se realiza el alistamiento de las máquinas dándole un mejor uso a las herramientas. Manejo de materiales: se deben contemplar todos los movimientos, tiempos, lugares, cantidades y espacios que hagan parte del manejo que se le da a los materiales.

4.2.7 Distribución de planta. Se debe tratar de encontrar la mejor ubicación de las máquinas para que el proceso se realice de la mejor manera posible, permitiendo que la cantidad que de piezas producidas sea igual a la cantidad deseada, con la mejor calidad y al menor costo posible.

4.2.8 Diseño del trabajo. Se debe tratar de mejorar las condiciones laborales para los operarios de la empresa.

4.2.9 Diagramas. Para el estudio de métodos se pueden utilizar diferentes herramientas de Ingeniería, siendo una de las más importantes los diagramas, a continuación se explican los aspectos más relevantes que plantea Meyers⁶ acerca de los diagramas de flujo y de operaciones:

- **Diagrama de flujo.** Muestra el camino recorrido por un componente de la recepción, a los almacenes, la fabricación, el sub-ensamble, el ensamble final, el empaque final, el almacén y el embarque. Cada trayectoria se traza sobre la disposición física de la planta.

El diagrama de flujo revelará problemas como:

- **Tráfico cruzado:** ocurre cuando se atraviesan las líneas de flujo.

⁶ MEYERS, Fred; Estudio de Tiempos y Movimientos, Segunda edición, Editorial:PearsonEducation, México, D.F; 2000, Pp 49-62.

- **Regresos:** suceden cuando el material retrocede en la planta, el movimiento hacia atrás cuestan tres veces más que el flujo correcto.
- **Recorrido o distancias:** recorrer distancias cuesta dinero. Mientras menos distancia se recorra mejor.
- **Procedimiento:** dado que los diagramas de flujo se trazan sobre la disposición física de cada planta, no hay una forma única de hacerlos. Con todo, algunas convenciones restringen al diseñador. El objetivo es mostrar todas las distancias recorridas por cada uno de los componentes y encontrar maneras de reducirlas.
- **Diagrama de proceso.** Muestra todo el manejo, inspección, operaciones, almacenaje y retrasos que ocurren con cada componente conforme se mueve por la planta del departamento de recepción al de embarques.

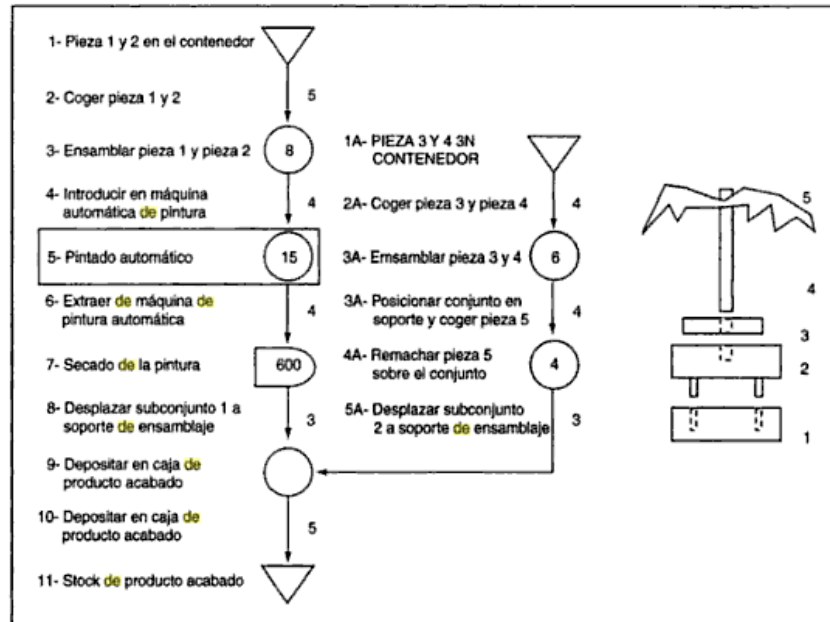
Se emplean símbolos convencionales para describir los pasos del proceso. En la **Tabla 1** se ilustra la simbología a utilizar para realizar un diagrama de proceso (Figura 1); cabe resaltar que estos símbolos han sido aceptados por todas las organizaciones profesionales que realizan estudios de tiempos y movimientos.

Tabla 1. Símbolos del diagrama de proceso

Símbolo	Descripción	Indica	Significado
	Círculo	Operación	Ejecución de un trabajo en una parte de un producto
	Cuadrado	Inspección	Utilizado para trabajo de control de calidad
	Flecha	Transporte	Utilizado para mover material
	Triángulo	Almacenamiento	Utilizado para almacenamiento a largo plazo
	D grande	Retraso	Utilizado cuando lo almacenado es inferior a un contenedor

Fuente. MEYERS, Fred; Estudio de Tiempos y Movimientos, Segunda edición, Editorial: Pearson Education, México, D.F; 2000, P 58.

Figura 1. Ejemplo de diagrama de procesos para el ensamble de un juguete sencillo



Fuente. SUÑE, Albert; Manual práctico de diseño de sistemas productivos, 1ra edición, Editorial: Díaz de Santos, Madrid España, 2004, P 90.

4.3 ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es una herramienta que permite estandarizar el proceso de producción, además facilita la elaboración de indicadores; los tiempos estándares que se obtienen con el análisis que se realiza se aproximan a los tiempos reales debido a que contempla los suplementos por fatiga y los retrasos personales e inevitables; se debe resaltar que para poder realizar un estudio de tiempos debe existir un método establecido previamente.

4.3.1 Equipo utilizado en los estudios de tiempos. Los implementos necesarios para realizar un estudio según Niebel⁷ son:

⁷NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris; Ingeniería industrial métodos, Estándares y diseño del trabajo, 11ª edición, Editorial: Alfaomega, México, D.F; 2004, Pp. 377-380.

- **Cronómetro:** en la actualidad se usan dos tipos de cronómetros: 1) el cronómetro tradicional con decimos de minutos (0,01 min) y 2) el cronómetro electrónico mucho más práctico. El cronómetro decimal tiene 100 divisiones en la carátula, y cada división es igual a 0,01 minutos, es decir, un recorrido completo de la manecilla larga requiere un minuto. El círculo pequeño de la carátula tiene 30 divisiones, cada una igual a un minuto. Entonces, por cada revolución completa de la manecilla larga, la corta se mueve a una división por minuto.

Los cronómetros electrónicos proporcionan una resolución de 0,001 segundos y una exactitud de $\pm 0,002\%$, pesan cerca de 4 onzas y miden más o menos 4x2x1 pulgadas. Permiten tomar el tiempo de cualquier número de elementos individuales, mientras sigue contando el tiempo total transcurrido. Entonces proporcionan tanto *tiempos continuos* como *regresos a cero*.

- **Cámaras de videograbación:** Las cámaras de videograbación son ideales para grabar los métodos del operario y el tiempo transcurrido. Al tomar película de la operación y después estudiarla un cuadro a la vez, el analista puede registrar los detalles exactos del método usado y después asignar valores de tiempos normales. También puede establecer estándares proyectando la cinta a la misma velocidad que la de la grabación y calificar el desempeño del operario.

- **Tablero de estudios de tiempos:** cuando se usa un cronómetro, es conveniente tener una tabla adecuada para sostener la forma del estudio de tiempos y el cronómetro la tabla debe ser ligera para que no se canse el brazo y fuerte para proporcionar el apoyo necesario para la forma.

- **Formas de estudio de tiempos:** Todos los detalles del estudio se registran en una forma de estudio de tiempos. La forma contiene espacio para registrar toda la información pertinente sobre el método que está en estudio, las herramientas utilizadas, etcétera. Se identifica la operación que se estudia con información como nombre y número del operario, descripción y número de la operación, nombre y número de la máquina, herramientas especiales usadas y sus respectivos números, el departamento donde se realiza la operación y las condiciones de trabajo que prevalecen. Es mejor que sobre información y no que falte.

4.3.2 Elección del operario. En el momento que se va a seleccionar el trabajador al cual se le va a efectuar el estudio de tiempos se debe tener en cuenta que este

debe contar con las aptitudes físicas necesarias además de las habilidades adquiridas a través de la experiencia; también debe ser capaz de cumplir con las normas de seguridad, calidad y cantidad que le son solicitadas.

En el caso de que siempre se tenga un operario por máquina y no se pueda escoger a quien tomar el tiempo, se debe trabajar con el teniendo cuidado de calificar bien su desempeño ya que la manera como realiza las operaciones puede estar sesgada alejándose del promedio y por lo tanto de la realidad.

4.3.3 Métodos para el registro de tiempos: para el registro de tiempos se pueden utilizar dos técnicas, las cuales son:

- **Regreso a cero:** Consiste en registrar el tiempo obtenido al final de cada elemento y restablecer el valor a cero para comenzar la toma de tiempos de un nuevo elemento; los cronómetros digitales facilitan este tipo de registro.
- **Tiempo continuo:** Consiste en permitir que el cronometro trabaje durante todo el estudio, el analista debe registrar los tiempos finales de cada elemento sin detener el tiempo.

4.3.4 Ciclos de estudio. Establecer cuantos ciclos de estudio se deben realizar para establecer un estándar justo es un asunto que ha generado polémica entre los analistas de estudio de tiempo y entre los representantes del sindicato ya que “como la actividad de una tarea y su tiempo de ciclo influyen en el número de ciclos que se pueden estudiar, desde el punto de vista económico, el analista no puede estar gobernado de manera absoluta por la práctica estadística que demanda cierto tamaño de muestra basado en la dispersión de las lecturas individuales del elemento”⁸

Existen diferentes métodos para calcular el número de ciclos, entre los cuales se encuentran dos maneras que propone Niebel⁹ en su libro:

⁸Ibid; p. 390.

⁹Ibid; p. 393-394.

A continuación se muestra el **cuadro 1** desarrollado por General Electric Company, en la cual se tienen valores aproximados como guía de los ciclos a observar

Cuadro 1. Número recomendados de ciclos a observar.

Tiempo de ciclo en min	Número recomendado de ciclos
0,1	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00 - 5	15
5,00 - 10,00	10
10,00 - 20,00	8
20,00 - 40,00	5
40,00 o más	3

Fuente. NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris; Ingeniería industrial métodos, Estándares y diseño del trabajo, Onceava edición, Editorial: Alfaomega, México, D.F; 2004, Pág 387

También se puede establecer un número de ciclos a observar más exacto con métodos estadísticos. Como el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, se puede suponer que las observaciones tienen distribución normal alrededor de la media desconocida de la población con varianza desconocida. Si se usa la media de la muestra \bar{x} , la distribución normal para una muestra grande lleva al siguiente intervalo de confianza:

$$\bar{x} \pm z\sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

donde:

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Sin embargo, los estudios de tiempos involucran solo muestras pequeñas ($n < 30$) de una población; por lo tanto, debe utilizarse una distribución t. Entonces, la fórmula del intervalo de confianza es:

$$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

El término con \pm se puede considerar un término de error expresado como una fracción de \bar{X} :

$$k\bar{x} = ts/\sqrt{n}$$

donde k = una fracción aceptable de \bar{x} , si se despeja n se obtiene:

$$n = \left\{ \frac{ts}{k\bar{x}} \right\}^2$$

También es posible despejar n antes de tomar el estudio de tiempos, si se interpretan los datos históricos de elementos similares, o con una estimación real de \bar{x} y s a partir de varias lecturas con regresos a cero con la variación más alta.

4.3.5 Desempeño del operario. Como bien lo dice Niebel¹⁰, debido a que el tiempo real requerido para ejecutar cada elemento del estudio depende en un alto grado de la habilidad y el esfuerzo del operario, se debe ajustar el tiempo normal ya sea hacia arriba o hacia abajo dependiendo de las capacidades del trabajador; por lo tanto es necesario que el analista califique justa e imparcialmente el desempeño observado.

¹⁰ibid; p. 394-395.

Para un ciclo corto con trabajos repetitivos, se puede asignar una calificación al estudio completo o una calificación promedio para cada elemento; en el caso de ciclos largos con diferentes movimientos manuales es recomendable analizar cada elemento conforme ocurre.

El analista al momento de calificar el desempeño está evaluando la efectividad de la operación en términos del desempeño de un operario “normal” que ejecuta de manera repetida el mismo elemento; este operario normal se define como un operario calificado, completamente experimentado que trabaja bajo condiciones a las cuales ya se encuentra familiarizado y con un paso de trabajo que representa el promedio.

El tiempo normal se calcula con la siguiente fórmula:

$$TN = To * \left(\frac{FV}{100}\right)$$

Donde *To* es el tiempo cronometrado y *FV* es el factor de valoración asignado por el analista al calificar el estudio. Con el tiempo normal (TN) se puede calcular el tiempo estándar con la siguiente fórmula:

$$TS = \frac{TN}{(1 - \% \text{ SUPLEMENTOS})}$$

Con la suma de los tiempos estándar de cada elemento se obtiene el tiempo estándar del proceso completo y es con base a estos que se estandariza la fabricación de piezas.

4.3.6 Suplementos. Como Niebel¹¹ afirma en su libro, ningún operario puede mantener un paso promedio todos los minutos del día de trabajo. Pueden tener tres clases de interrupciones por las cuales se debe asignar un tiempo adicional. La primera son las interrupciones personales, como viajes al baño o a hidratarse; la segunda es la fatiga y por último se tienen retrasos inevitables, como herramientas que se rompen interrupciones del supervisor y dificultades con el manejo del material.

¹¹Ibid; p. 395.

Por todas estas razones debe añadirse un suplemento al tiempo normal generando así un estándar justo que pueda cumplir un trabajador con facilidad. Los suplementos más comunes se encuentran calificados por la organización internacional del trabajo, estos pueden ser utilizados en cualquier momento y por cualquier empresa que lo requiera. En el siguiente cuadro se ilustran los suplementos más comunes:

Cuadro 2. Suplementos de la OIT en porcentaje del tiempo normal.

SUPLEMENTOS	HOMBRE	MUJER
Suplementos Constantes		
Necesidades personales	5%	7%
Necesidades por fatiga	4%	4%
	9%	11%
Suplementos Variables		
A. Trabajo de pie	2%	4%
B. Postura Anormal		
Ligeramente incomodo	0%	1%
Incomodo	2%	3%
Muy incomodo	7%	7%
C. Levantamiento de Peso (Dependiendo del peso)		
D. Intensidad de Luz		
Ligeramente por debajo de lo recomendado	0%	0%
Bastante por debajo	2%	2%
Absolutamente Insuficiente	5%	5%
E. Calidad de Aire		
Buena ventilación y aire libre	0%	0%
Mala Ventilación	5%	5%
Proximidad de hornos, calderas, etc.	5%	5%
F. Tension Visual		
Trabajos con cierta precisión	0%	0%
Trabajos de precisión o fatigosos	2%	2%
Trabajos con gran precisión o muy fatigosos	2%	2%
G. Tensión Auditiva		
Sonido continuo	0%	0%
Intermitente y fuerte	2%	2%
Intermitente y muy fuerte	5%	5%
Estridente y fuerte	5%	5%
H. Tensión Mental		
Proceso bastante complejo	1%	1%
Proceso complejo y atención muy dividida	4%	4%
Muy complejo	8%	8%
I. Monotonía: Mental		
Trabajo algo monótono	0%	0%
Trabajo bastante monótono	1%	1%
Trabajo muy monótono	4%	4%
J. Monotonía: Física		
Trabajo algo aburrido	0%	0%
Trabajo aburrido	2%	2%
Trabajo muy aburrido	5%	5%
TOTAL SUPLEMENTOS	14%	15%

Fuente: NIEBEL, Benjamín Willard. *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos (márgenes o tolerancias – suplementos)*. Novena edición. Página 443.

4.4 CASOS ESPECIALES EN LA PRODUCCIÓN

En la fabricación de ciertas piezas o productos se generan casos especiales de producción; dichos casos se presentan debido al tipo de alistamiento que requiere la máquina o el material para su procesamiento.

Las variables que se deben analizar en este tipo de casos son las dimensiones, el espesor y por lo tanto el peso del material que va a ser empleado en el proceso productivo, ya que la manera como trabajan los operarios (método) y el tiempo que tarda el proceso depende de dichas características.

A continuación en el **Cuadro 3** se muestran los diferentes tipos de materiales empleados en los procesos productivos, se aclara que Hr significa hot rolled y son láminas que son fabricadas con calor caliente, por lo general son usadas en pantógrafos, mientras que Cr significa cold rolled y son las laminas que fueron fabricadas en frio por lo cual se utilizan normalmente en las cizallas.

Cuadro 3. Tipo de materiales utilizados en los procesos productivos.

TIPO DE LÁMINA	ESPESOR NOMINAL	ESPESOR mm	CTE DE PESO KG/M2	LÁMINAS A-36				INOX		ALFAJOR
				FORMATO 4"x8" (1,2 X 2,4)	FORMATO 4"x20" (1,2 X 6)	FORMATO 6"x20" (1,83 X 6)	FORMATO 8"x20" (2,4 X 6)	FORMATO 4"x8" (1,2 X 2,4)	FORMATO 5"x10" (1,5 X 3,05)	FORMATO 1"x3" (1,23 X 3)
CR	C20	0.9	7.3	SI				SI	SI	
CR	C19	1.2	9.5	SI				SI	SI	
CR	C16	1.5	12.5	SI				SI	SI	
CR-HR	C14	1.9	15	SI				SI	SI	
CR-HR	C12	2.5	22	SI	SI			SI *	SI	SI
HR	1/8	3	25	SI	SI	SI *	SI *		SI	SI
HR	3/16	4.5	37.5	SI	SI	SI *	SI *		SI	SI
HR	1/4	6	50	SI	SI	SI	SI		SI	SI
HR	5/16	8	62.5	SI	SI	SI	SI		SI	
HR	3/8	9	75	SI	SI	SI	SI		SI	
HR	1/2	12	100	SI	SI	SI	SI		SI	
HR	5/8	15	125		SI	SI	SI		SI	
HR	3/4	19	150		SI	SI	SI		SI	
HR	1	25	200	SI, DE OTRO FORMATO	SI	SI	SI		SI	
HR	1 1/4	32	250	SI, DE OTRO FORMATO	SI	SI	SI			
HR	1 1/2	38	300	SI, DE OTRO FORMATO		SI	SI			
HR	2	50	400			SI	SI			
HR	2 1/2	63	500			SI	SI			
HR	3	75	600			SI	SI			
HR	4	101	800			SI	SI			

* No se usa por difícil manejo

Fuente: Acta N° 1 Inducción cargo asesor comercial Láminas y Cortes Industriales S.A

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Generar propuestas de mejora para el proceso productivo de la empresa Láminas y Cortes Industriales utilizando la técnica de estudio del trabajo.

5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnosticar el proceso productivo mediante el estudio de métodos de trabajo con la finalidad de mejorar dicho proceso reduciendo los tiempos de producción y agrupando eliminando tareas.
- Establecer los tiempos del proceso productivo con el fin de estandarizar la fabricación de piezas y determinar los cuellos de botella de acuerdo al material utilizado.
- Identificar los casos especiales que se generan en el proceso de fabricación de las piezas o productos, estableciendo las diferencias del tiempo de producción de estos con los procesos productivos regulares.

6. METODOLOGÍA

Teniendo como base los objetivos planteados con anterioridad se trabajara con una metodología descriptiva; el éxito del proyecto y el cumplimiento de los objetivos depende del oportuno desarrollo de tres etapas: la primera etapa consiste en el diagnóstico del proceso productivo, la segunda en establecer los tiempos del proceso productivo y por último en la tercera etapa se deben identificar los casos especiales que se presentan en los procesos productivos de la empresa LAMINAS Y CORTES INDUSTRIALES S.A.

A continuación se presentan cada una de las sub-etapas en detalle:

6.1. ETAPA 1: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO

Para diagnosticar los procesos de corte, doblado, taladrado, punzonado y rolado en la empresa LÁMINAS Y CORTES INDUSTRIALES S.A, se deben desarrollar tres sub-etapas ;la primera sub-etapa consiste en la creación de cartas de proceso para cada proceso productivo; luego en la segunda sub-etapa se descompondrá cada una de estas cartas en elementos y por último en la tercera sub-etapa después de analizar cada elemento se generaran propuestas de mejora para el método identificado que permitan incrementar la productividad de dichos procesos.

6.1.1 Creación de cartas de proceso. La creación de las cartas de proceso se realiza mediante observación directa de cada uno de los procesos productivos anteriormente mencionados, identificando el tipo de materia prima entrante y las actividades relacionadas a está (transporte, transformación, almacenamiento y despacho); otras variables que se deben analizar son las restricciones de la máquina y el orden de las actividades que se realizan en el proceso. Después de tener claridad en estos aspectos se debe crear un registro con toda la información recopilada.

6.1.2 Descomponer cartas de procesos en elementos. Después de obtener las cartas de proceso se debe descomponer la información recopilada en elementos sencillos que puedan ser analizados con facilidad; luego de identificar correctamente cada elemento, estos deben ser registrados en formatos según su orden de intervención en el proceso.

6.1.3 Generar propuestas de mejora. Por último después de identificar, registrar y analizar los diferentes elementos de cada proceso, se debe generar propuestas de mejora, mediante la agrupación o eliminación de tareas y el rediseño de los puestos de trabajo.

6.2 ETAPA 2: ESTABLECER LOS TIEMPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO

En la segunda etapa de la metodología se aplicara un estudio de tiempos para identificar los elementos de cada proceso que tardan más tiempo en llevarse a cabo; este estudio se realizara de acuerdo al diagnóstico realizado y con base a los resultados obtenidos se elaboraran las propuestas de mejora.

Para poder realizar el estudio de tiempos se debe crear un formato que permita registrar los elementos identificados en la etapa anterior, dicho formato debe contener casillas que permitan ingresar el tiempo cronometrado (T_o), el factor de valoración (F_v) y el tiempo normal (TN) de cada elemento ya que con estos valores se obtendrá el valor promedio del tiempo normal y posteriormente el tiempo de ciclo (teniendo en cuenta los suplementos).

Luego de la elaboración de los formatos se debe tomar el tiempo a una pequeña muestra de cinco unidades para cada proceso; el tiempo de los elementos registrados permitirá calcular el número de ciclos a observar y con base a este resultado se realizara el registro de los tiempos.

Para el registro de los tiempos se debe tener en cuenta los factores que intervienen en el proceso productivo, en especial el manejo de la materia prima; ya que en algunos casos debido a sus dimensiones y/o peso se dificulta el proceso de fabricación y por lo tanto el tiempo de producción.

Por último después de registrar los tiempos de fabricación de acuerdo a las condiciones de la materia prima, se debe generar un reporte en el que se especifiquen los hallazgos encontrados en los procesos productivos, estableciendo las diferencias en términos de tiempo según el tipo de proceso y de materia prima (dimensiones y espesor).

6.3 ETAPA 3: IDENTIFICAR CASOS ESPECIALES

En la fabricación de ciertos productos se generan casos especiales de producción, debido al tipo de alistamiento que requieren las máquinas o al material que se utiliza durante el proceso; la identificación de dichos casos se realizara simultáneamente con el estudio de tiempos mediante observación directa, haciendo énfasis en su duración y en la diferencia (medida en tiempo) con los demás procesos, después de identificar la totalidad de estos casos se clasificaran en tablas con sus respectivos valores y análisis.

7. DESARROLLO DEL ESTUDIO DEL TRABAJO

Láminas y Cortes Industriales S.A es una empresa reconocida y posicionada en el valle del cauca, dedicada a prestar los servicios de corte, doblado y perforado de láminas siendo también proveedores de las mismas. Esta empresa cuenta con dos sedes una ubicada en el barrio Popular en la ciudad de Cali y la otra ubicada en la zona industrial LA DOLORES en la recta a Palmira.

Su gestión administrativa, Financiera y de Operaciones priorizan el servicio al cliente también la calidad de los productos y tiene como meta ser un referente de innovación en el sector metalmecánico vallecaucano teniendo siempre presente valores corporativos como la honestidad, el respeto al cliente y el amor por lo que se hace para de esta manera alcanzar la excelencia.

Entre la gran cantidad de productos que son fabricados se encuentran los moldes para fundición, canales para la construcción y piezas para maquinaria de los ingenios, aunque se resalta que gracias a la infraestructura y maquinaria que posee la empresa se han podido realizar trabajos como contenedores para el transporte de mercancía y palas para tractores, demostrando la capacidad con que cuenta la empresa para producir cualquier tipo de pieza que sea requerida por algún cliente sin importar el tamaño o la complejidad.

7.1. CARTA DE PROCESO Y DESCOMPOSICIÓN EN ELEMENTOS

A continuación se ilustran y se analizan los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, este análisis se basa en los objetivos planteados y en la metodología descrita anteriormente; para comenzar este análisis se muestran las cartas de proceso de cada una de las máquinas resaltando los materiales utilizados y las restricciones en cuanto a espesores y medidas de láminas, posteriormente se descomponen dichas cartas de proceso en elementos para la elaboración de los formatos de registro de los tiempos de proceso.

7.1.1 Proceso de corte con cizalla

- **Cizalla 1**

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de corte son:
Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, Calibre 12, 1/8 Pulgada, 3/16 pulgada.

Figura 2. Imagen de la máquina cizalla 1



- **Cizalla 2**

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de corte son:
Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, Calibre 12.

Figura 3. Imagen de la máquina cizalla 2



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando los operarios reciben la orden de trabajo, luego analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Los operarios traen a su puesto de trabajo las láminas que van a ser utilizadas en el proceso de corte de la pila de material correspondiente (existen arrumes por tamaño y tipo de láminas).
- Las láminas son colocadas en la parte superior de una mesa cerca al puesto de trabajo, luego son medidas y marcadas tanto para el ancho como para el largo por los dos operarios de acuerdo a la orden de trabajo.

- **Operación de corte**

- Los dos operarios transportan la lámina hacia la cizalla, y la introducen hasta que la cuchilla se encuentre exactamente sobre la marca realizada en el alistamiento, luego bajan las guardas de la máquina y comienzan con la operación de corte, introduciendo más la lámina después de cada corte siguiendo el patrón de las medidas marcadas en la lámina.
- Los operarios revisan los cortes realizados a la lámina en la parte trasera de la máquina verificando sus medidas, para luego transportar las láminas cortadas a la mesa que se encuentra cerca de la máquina.
- Se repiten los pasos **d** y **e** hasta que se haya cumplido con la totalidad de las láminas requeridas para cada pedido.
- Por último se llena la orden de trabajo y el reporte de trabajo diario certificando que el trabajo fue realizado.

A continuación se muestra el **Cuadro 4** que contiene las especificaciones de las máquinas de cizalla, en esta ocasión se generó un sólo cuadro para ambas máquinas debido a que las dos máquinas podrían trabajar los mismos espesores, pero se debe resaltar que por cuestiones de orden y distribución de planta en la cizalla 1 se manejan espesores delgados mientras que en la cizalla 2 se cortan espesores de lámina más gruesos y pesados.

Cuadro 4. Especificaciones de cizallas

Cizalla 1	Máx	Mín
Espesor	1/2 pulg. (dependiendo del largo de la lámina)	Calibre 20
Largo de la lamina	2.4 m (dependiendo del espesor)	50mm

- **Descripción por elementos:**

A continuación teniendo en cuenta la información de las cartas de proceso, se descompone la información en elementos más concretos; en las ocasiones que el elemento no se debe realizar siempre se coloca la palabra *opcional* aclarando que este paso puede llevarse a cabo o no.

- **Alistamiento**

- Se recibe la orden de trabajo y se analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material que va a ser empleado.
- Se toman las láminas que van a ser utilizadas en el proceso de corte de la pila de material que se encuentra cerca de la máquina.
- Se colocan en la parte superior de la mesa que se encuentra al frente de la máquina.

- **Operación de corte**

- Se miden y se marcan láminas para despuntar (*opcional*).
- Se despuntan láminas (*opcional*).
- Se acomoda el tope (*opcional: aplica para grandes cantidades de láminas o sea un número mayor a 40*).
- Se mide y se marca el ancho requerido en la lámina.
- Se transporta y se introduce lámina al interior de la cizalla.
- Se bajan las 2 guardas (si no se bajan las guardas la máquina no puede funcionar) y se corta la lámina con el ancho requerido, mediante el pedal que activa la máquina (dejando el largo con que viene la lámina).
- Se transporta lámina desde la parte de atrás de la máquina hacia la mesa (o se gira en caso de que no haya caído en la parte de atrás de la máquina) (*opcional*).
- Se marca lámina con el largo requerido.
- Se transporta y se introduce lámina al interior de la cizalla.

- Se bajan las dos guardas nuevamente y se corta la lámina con el largo requerido.
- Se recogen láminas cortadas de la parte de atrás de la máquina verificando que las láminas cortadas salgan en buen estado (sin deformidades, torcidas o corrugadas).
- Se transportan láminas a la mesa cerca del puesto de trabajo.
- Se diligencian los formatos de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

•Casos especiales

Los casos especiales son generados por variaciones en el proceso o en los factores que intervienen en este, por esto serán analizados con mayor profundidad en el estudio de tiempos.

Para el corte de láminas se pueden presentar dos situaciones de casos especiales:

- **Lámina a cortar sea muy pequeñas (50 mm):** en este caso las láminas son más fáciles de transportar por lo cual se agiliza el proceso de corte y se pueden presentar combinación de operaciones; ya que mientras un operario corta el otro puede ir alistando material o recolectando y verificando medidas de láminas ya cortadas; **ejemplo:** cortar una lámina calibre 20 de medidas 50x60.
- **Lámina muy larga (6 metros):** en este caso el transporte de láminas es más complicado, debido a que se necesitaría el puente grúa para suministrar el material, además el espacio que ocuparía el material en el puesto de trabajo y el peso de este haría muy tedioso su manejo, por lo cual en este tipo de situaciones se utiliza el corte con plasma para reducir el tamaño de la lámina a un formato más pequeño que permita su manejo con una operación normal; **ejemplo:** cortar una lámina formato 8'x20' en formatos de menor tamaño.
- **Lámina pesada:** Otro caso que se podría presentar es el de láminas pesadas (debido a sus dimensiones y espesor); en este tipo de casos los pasos de operación serían los mismos ya descritos en **Lámina muy larga**, con la variación de que se necesitaría mayor esfuerzo o inclusive el puente grúa para el manejo de la lámina; **ejemplo:** cortar una lámina tipo Hr de ½ con dimensiones 4'x20'.

7.1.2 Proceso de doblado tipo descendente

- **Dobladora 1 (convencional)**

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de doblado son:

Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, Calibre 12, 1/8, 3/16, 1/4, 5/16, 3/8, 1/2 Pulg.

Figura 4. Imagen de la máquina dobladora 1.



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando los operarios reciben la orden de trabajo, luego analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Los operarios traen a su puesto de trabajo las láminas que van a ser utilizadas en el proceso de corte de la pila de material correspondiente (existen arrumes por tamaño y por tipo de láminas).
- Las láminas son colocadas en la parte superior de una mesa cerca al puesto de trabajo, luego son medidas y marcadas por los dos operarios de acuerdo a la orden de trabajo.
- Los operarios aflojan y desmontan los punzones dependiendo del tipo de trabajo que vayan a realizar (existen punzones curvos y rectos), luego montan y aseguran el punzón a utilizar.
- El operario encargado de la activación de la máquina baja el cabezal de la máquina y coloca unas platinas a los lados asegurándola a la matriz (dado en v), esto se hace para levantarlo y girarlo en la posición que requiera el trabajo(dependiendo de espesores), luego retira las platinas, y por ultimo asegura la nueva matriz a la máquina.

- Los operarios verifican las medidas marcadas en la lámina.
- **Operación de doblado**
- Los operarios introducen la lámina en dobladora, asegurándose que los punzones queden sobre la marca de la medida, luego se realiza el proceso de doblado (en el caso de que sean canales los operarios deben voltear la lámina y volverla a introducir formando así la canal, pero si solo se requiere el doblado de una pestaña únicamente se gira la lámina); las veces que se doblan las láminas dependen de los requerimientos del cliente y/o del largo de la lámina.
- Después se transporta la(s) lámina(s) terminada(s) a mesa de trabajo, se verifican las medidas y se toma una nueva lamina repitiendo el paso de operación anterior las veces que sea necesario.
- Por último se diligencia la orden de trabajo y el reporte diario de trabajo.

Cuadro 5. Especificaciones de dobladora (convencional)

Dobladora 1 (convencional)	Máx.	Mín.
Espesor	1/2 pulg.	Calibre 20
Largo de la lamina	3 m (en caso de ser mayor se hace por partes)	70mm

- **Descripción por elementos:**
- **Alistamiento**
- Se recibe la orden de trabajo y se analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Se transportan láminas al puesto de trabajo.
- Se miden y se marcan láminas de acuerdo a las medidas requeridas.
- Se desmontan los punzones de la máquina colocándolos en una mesa cerca al puesto de trabajo.

- Se transporta nuevo punzón al puesto de trabajo y se monta en la maquina asegurándolo a esta.
- Se colocan platinas, se gira matriz y se ajusta a la máquina colocándola en la abertura (v) correspondiente.
- Se verifican medidas de las marcas hechas en láminas.

- **Operación de doblado**

- Se transporta lámina desde el puesto de trabajo al interior de la dobladora.
- Se ejecuta el proceso de doblado.
- Se acomoda lámina para nuevo doblado (girar o voltear).
- Se transporta a lámina terminada a mesa de trabajo y se verifican medidas.
- Se diligencian los formatos de orden de trabajo y reporte de trabajo diario.
- Se aclara que los pasos **b** y **c** se repiten las veces que sea necesario dependiendo de la orden de trabajo y del largo de lámina.

- **Casos especiales**

Para el proceso de doblado de láminas se pueden presentar los siguientes casos especiales:

- **Prevent:** es una operación de alistamiento de la lámina para el rolado, ya que cuando las láminas a rolar tienen un espesor mayor a $\frac{1}{4}$ pulgada los rodillos no alcanzan a rolar los primeros 10 cm de lámina, por lo cual es necesario realizar en la dobladora una curvatura previa en cada extremo; para este caso especial el proceso de alistamiento y de operación es el mismo, excepto porque las marcas que se le realizan a la lámina y la fuerza que se le aplica varían un poco haciendo este proceso más rápido que el doblado común; **ejemplo:** doblar lámina Hr de espesor 5/16 con dimensiones 530x860.
- **Láminas con largo mayor a 3,7 metros:** en el caso de que se requiera doblar una lámina de un largo mucho mayor al que alcanzan los punzones y las matrices de la máquina, se trabaja con el mismo proceso de alistamiento y de operación con la diferencia de que se realiza un deslizamiento lateral de la lámina sobre la matriz, por lo cual al final se hace necesario enderezar el punto donde se unen las dos partes que se doblan; **ejemplo:** canal hecha con lámina Hr de 4 metros de longitud y un espesor de 5/8.

- **Láminas de mucho espesor mayor a 1/4 pulgada:** en el caso de que la lámina tenga un espesor muy grueso se debe realizar el mismo procedimiento de alistamiento y operación con las variación de que se realiza varias veces cada dobléz a 30°,60° y 90°, ya que con una sola vez la lámina no queda con las medidas requeridas; este tipo de proceso tarda más; **ejemplo:** canal hecho con lámina Hr de espesor 5/16 y dimensiones 2400x190.
- **Escalera enteriza:** en el proceso de elaboración de una escalera enteriza se maneja la lámina de una manera diferente, ya que en la primera parte del proceso de doblado se trabaja la mitad de la lámina, luego esta es girada por los operarios para trabajar la otra mitad; **ejemplo:** doblar lamina tipo Hr con espesor 3/16 en forma de escalera descendente.
- **Grafado:** en ciertos casos el cliente requiere que la pestaña no quede de manera vertical, sino que quede sobre la misma lámina (ángulo de 360°), por lo cual se hace necesario utilizar un punzón especial; **ejemplo:** realizar grafado en lámina tipo Hr con dimensiones 538x420, con pestañas de 20m.
- **Ángulo de doblado diferente al de los dados:** Cuando el ángulo de doblado requerido por el cliente es diferente a 45 ° o 90 °(o sea un ángulo intermedio), el proceso de alistamiento y de operación es el mismo excepto porque el operario debe doblar y verificar el ángulo de doblado de manera empírica es necesario un mayor grado de concentración y habilidad.

7.1.3 Proceso de doblado CNC

Dobladora 2 (CNC)

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de doblado son:

Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, Calibre 12, 1/8, 3/16, 1/4, 5/16 3/8, 1/2, 5/8 Pulg.

Figura 5. Imagen de la máquina dobladora 2



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando los operarios reciben la orden de trabajo, luego analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Los operarios traen a su puesto de trabajo las láminas que van a ser utilizadas en el proceso de corte de la pila de material correspondiente (existen arrumes por tamaño y por tipo de láminas).
- Las láminas son colocadas en la parte superior de una mesa cerca al puesto de trabajo, luego son medidas y marcadas por los dos operarios de acuerdo a la orden de trabajo.
- Los operarios aflojan y desmontan los punzones dependiendo del tipo de trabajo que vayan a realizar (existen punzones curvos y rectos), luego montan y aseguran nuevo punzón.
- El operario encargado de la activación de la máquina baja el cabezal de la máquina, coloca unas cadenas a los lados asegurando el cabezal a la matriz, levanta y gira la matriz en la posición que requiera el trabajo, por ultimo baja, asegura la matriz y retira las platinas.
- Para terminar el proceso de alistamiento el operario digita los parámetros de doblado en el control de la máquina (coordenadas, fuerza y ángulo).

- **Operación de doblado**

- Los operarios introducen la lámina en la dobladora, asegurándose que los punzones queden sobre la marca de la medida, luego realiza el proceso de doblado (en el caso de que sean canales los operarios deben voltear la lámina y volverla a introducir formando así la canal, pero si el proceso de doblado, únicamente se gira la lámina); las veces que se doblan las láminas dependen de los requerimientos del cliente y/o del largo de la lámina.
- luego se transporta la(s) lámina(s) terminada(s) a mesa de trabajo, se verifican las medidas y se toma una nueva lamina repitiendo el paso de operación anterior las veces que sea necesario.
- Por último se diligencia la orden de trabajo y el reporte diario de trabajo.

Cuadro 6. Especificaciones de dobladora (CNC)

Dobladora 2(CNC)	Máx.	Mín.
Espesor	5/8 pulg.	C20
Largo de la lamina	3 m (en caso de ser mayor se hace por partes)	70mm

- **Descripción por elementos:**

- **Alistamiento**

- Se reciben la orden de trabajo y se analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Se transportan láminas desde la pila donde están almacenadas a la mesa cerca a la máquina.
- Se miden y se marcan láminas de acuerdo a las medidas requeridas.
- Se desmontan los punzones de la máquina colocándolos en una mesa cerca a la máquina.
- Se transporta nuevo punzón al puesto de trabajo y se monta en la maquina asegurándolo a esta.
- Se desmonta el dado y se monta la nueva matriz (con puente grúa). *(opcional)*.

- Se colocan cadenas en la matriz y se alza para girarla, colocándolo en la abertura correspondiente según el espesor de lámina, luego se acomoda y se ajusta a la máquina.
- Se ingresan los parámetros de doblado mediante el control de la máquina (coordenadas, ángulos, fuerza) dependiendo de los requerimientos.
- Se verifican medidas de las marcas hechas en láminas.

- **Operación de doblado**

- Se transporta lámina desde el puesto de trabajo al interior de la dobladora.
- Se ejecuta el proceso de doblado.
- Se acomoda lámina para nuevo doblado (girar o voltear).
- Se transporta a lámina terminada a mesa de trabajo y se verifican medidas.
- Se diligencian los formatos de orden de trabajo y reporte de trabajo diario.

- **Casos especiales**

Para la dobladora CNC aplican los mismos casos que fueron descritos con anterioridad en los **Casos especiales** de la dobladora convencional.

7.1.4 Proceso de rolado

- **Roladora 2 (grande)**

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de rolado son:
Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, Calibre 12, 1/8, 3/16, 1/4, 5/16, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4, 1 Pulg (los espesores después de 5/16 se pueden rolar teniendo en cuenta el largo de la lámina, ya que si son muy largos la fuerza de los rodillos no alcanza a doblar de manera correcta la lámina).

Figura 6. Imagen de la maquina roladora grande



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando los operarios reciben la orden de trabajo, luego analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Los operarios traen a su puesto de trabajo las láminas que van a ser utilizadas en el proceso de rolado de la pila de material correspondiente o en caso de un proceso en línea de otra máquina (cizalla, dobladora, pantógrafo).
- Las láminas son colocadas en el interior de la máquina, luego son medidas y marcadas por los dos operarios de acuerdo a la orden de trabajo.
- Se golpea lámina en los extremos (sino fue necesario el prevent) y se comienza con el proceso de rolado.
- Se debe tener en cuenta que para el caso de cilindros, ejes, ángulos, aros (decantados) se maneja un alistamiento diferente que será explicado en casos especiales.

- **Operación de rolado**

- Se enciende la máquina para que la lámina gire hacia un lado luego se detiene se aprietan los rodillos mediante dos tornillos que se encuentran a cada extremo de la máquina, después de que los dos operarios aprietan simultáneamente los rodillos se vuelve a encender la máquina para que gire en dirección contraria; este proceso se repite hasta lograr la curvatura deseada (o hasta cerrar la lámina en el caso de que sea un cilindro).
- Se verifican las medidas mediante el uso de plantillas o con el metro, en el caso de que se obtengan las medidas deseadas se aflojan los rodillos y se saca lámina (medialuna o rolado normal) o se cierra la lámina y se puntea

sobre la maquina en el caso del cilindro retirando uno de los tornillos que aprietan los rodillos y extrayendo el cilindro terminado de la máquina.

- Se coloca el producto terminado a un lado de la máquina y se diligencian los formatos de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

- **Descripción por elementos:**

Debido a la cantidad de productos diferentes que se pueden fabricar en esta máquina, se deben clasificar tres tipos de alistamiento dependiendo del tipo de producto requerido por el cliente

- **Alistamiento convencional (aplica para: medialuna, canoas, cilindros o conos):**

- Se recibe orden de trabajo, se analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario para realizar el trabajo.
- Se transportan lámina(s) a puesto de trabajo.
- Se introduce lámina de la máquina, se mide y se marca lámina (en caso de ser necesario).
- Se golpea lámina en extremos (sino fue necesario el prevent) y se comienza con el proceso de rolado.

- **Alistamiento con cambio de matriz o dados (aplica para: canales, ángulos y aros decantados):**

- Se afloja y desmonta matriz original.
- Se toma matriz necesaria de la parte de debajo de la máquina, se monta y se ajusta en el extremo derecho de la máquina.
- Se introduce la canal, el aro o el ángulo en la máquina, se ajusta la matriz y el rodillo.
- Se debe tener en cuenta que el máximo tamaño de pestaña que entra en la matriz es de 1 1/2 pulgada.

- **Alistamiento con cambio de rodillo**

- Se quita el tornillo lateral derecho.
- Se trae el puente grúa.

- Se levanta un poco el rodillo y se pasa una cadena por debajo, se levanta el rodillo y trasladándolo a un costado de la máquina.
- Se coloca el puente grúa en el nuevo rodillo, se levanta y se monta sobre la roladora.
- Se acomoda lamina (cilindro) en nuevo rodillo y se inserta nuevamente el tornillo lateral derecho.

• **Operación de rolado**

Debido a que existen tres tipos de alistamiento y los pasos de operación son los mismos independientemente del tipo que se utilice, para los pasos de operación se establece una numeración diferente y simplemente comenzara cuando el alistamiento del producto requerido haya finalizado.

- Se enciende la máquina para que la lámina gire hacia un lado.
- Se detiene la maquina cuando los rodillos pasan sobre toda la lámina y se aprietan los rodillos de manera simultánea.
- Se verifican las medidas mediante el uso de plantillas o con el metro.
- Se aflojan los rodillos y se saca lámina (en caso de media luna, canal o canoa).
- (opcional) En caso de que sea necesario puntear (soldar): la lámina se puntea estando sobre la máquina.
- (opcional) En caso de que la lámina no se pueda retirar porque esta soldada se debe retirar uno de los tornillos que aprietan los rodillos y extraer el cilindro terminado de la máquina.
- Se coloca el producto terminado a un lado de la máquina y se diligencian los formatos de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

Cuadro 7. Especificaciones de roladora (Grande)

Roladora 2 (Grande)	Máx.	Mín.
Espesor	1 pulg. (dependiendo del largo de la lámina)	Calibre 20
Largo de la lamina	2,4 m (dependiendo del espesor)	200 mm
Diámetro	20 pulg	8 pulgadas

- **Casos especiales**

- **Cambio de rodillo:** cuando se necesita fabricar un cilindro o realizar un rolado en el que el diámetro de la pieza sea menor a 8 pulgadas se debe analizar si las dimensiones de la lámina (largo, ancho, espesor) permiten que se trabaje en la roladora pequeña; en caso de que esto no sea posible se genera un caso especial, ya que al momento de cerrar el cilindro o continuar rolando la lámina hasta la curvatura requerida se debe realizar un cambio de rodillo. El cambio de rodillo consiste en retirar de la máquina el tornillo del extremo derecho, pasar una cadena por debajo del rodillo y mediante el uso del puente grúa levantarlo, desmontarlo de la máquina (colocándolo en el suelo) para luego levantar el nuevo rodillo del suelo e instalarlo.

Este proceso se debe realizar dos veces cada que se presenta el caso especial ya que al finalizar la fabricación de la pieza (que requiere el cambio de rodillo), se debe volver a cambiar el rodillo para poder rolar normalmente las demás láminas.

- **Fabricación de aros normales o decantados, anillos, ángulos, canales y mediacanoas:** en los casos de que se necesite fabricar piezas como aros normales o decantados, anillos, ángulos o canales, se realizara el alistamiento que requiere cambio de matriz (descrito con anterioridad) y además se considerara como caso especial ya que los tiempos de rolado para este tipo de piezas varia del rolado común.
- **Conos, codos y mediacanoas:** para este tipo de productos el proceso de rolado varia un poco, por ejemplo los conos se rolan sobre todo el borde de la roladora y la forma de la lámina tiene una forma peculiar; por otra parte los codos están compuestos por cinco partes que pueden ser rolados en conjunto. Por último se

tienen las mediacanoas en las cuales se trabaja el rolado hasta cierta curvatura sin cerrar la lámina ni soldarla.

- **Láminas de gran espesor:** en el caso de que la lámina a rolar tenga un espesor mayor a C14 se tiene que empezar a interactuar con las variables de longitud, ya que después de cierto espesor la lámina no se rola de manera uniforme, por esto entre más espesor haya menos longitud debe tener la lámina; además se debe tener en cuenta que las láminas de gran espesor son más difíciles de manipular debido al peso y se demoran más en lograr la curvatura deseada.

- **Roladora 1 (Pequeña)**

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de rolado son:

Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, C12, 1/8, 3/16, Pulg.

Figura 7. Imagen de la máquina Roladora pequeña



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando los operarios reciben la orden de trabajo, luego analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Los operarios traen a su puesto de trabajo las láminas que van a ser utilizadas en el proceso de rolado de la pila de material o de los productos terminados en otras máquinas (en caso de que la lámina haya pasado por otro proceso previamente).
- Las láminas son colocadas en el interior de la máquina, luego son medidas y marcadas por los dos operarios de acuerdo a la orden de trabajo.

- Se golpea lámina en extremos (sino fue necesario el prevent) y se comienza con el proceso de rolado.

- **Operación de rolado**

- Se enciende la máquina para que la lámina gire hacia un lado, luego se detienen y se aprietan los rodillos mediante dos tornillos que se encuentran a cada extremo de la máquina, después de que los dos operarios aprietan simultáneamente los rodillos se vuelve a encender la máquina para que gire en dirección contraria; este proceso se repite hasta lograr la curvatura deseada (o hasta cerrar la lámina en el caso de que sea un cilindro).
- Se verifican las medidas mediante el uso de plantillas o con el metro, en el caso de que se obtengan las medidas deseadas se aflojan los rodillos y se saca lámina (medialuna o rolado normal) o se cierra la lámina y se puntea sobre la maquina en el caso del cilindro retirando uno de los tornillos que aprietan los rodillos y extrayendo el cilindro terminado de la máquina.
- Se coloca el producto terminado a un lado de la máquina y se diligencian los formatos de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

- **Descripción por elementos:**

- **Alistamiento convencional (aplica para: medialuna, canoas, cilindros o conos)**

- Se recibe orden de trabajo, se analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario para realizar el trabajo.
- Se transportan láminas a puesto de trabajo.
- Se introduce lámina de la máquina, (si es necesario se mide y se marca lámina).
- Se golpea lámina en extremos (sino fue necesario el prevent) y se comienza con el proceso de rolado.

- **Operación de rolado**

- Se enciende la máquina haciendo pasar láminas por rodillos.

- Se detiene la maquina cuando los rodillos pasan sobre toda la lámina y se aprietan los rodillos de manera simultánea.
- Se verifican las medidas mediante el uso de plantillas o con el metro.
- Se aflojan los rodillos y se saca lámina (en caso de media luna, canal o canoa).
- En caso de que sea necesario puntear (soldar): la lámina se puntea estando sobre la máquina. (opcional)
- En caso de que la lámina no se pueda retirar porque esta soldada se debe retirar uno de los tornillos que aprietan los rodillos y extraer el cilindro terminado de la máquina. (opcional)
- Se coloca el producto terminado a un lado de la máquina.
- Se diligencian los formatos de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

Cuadro 8. Especificaciones de roladora (Pequeña)

Roladora 1 (pequeña)	Máx	Mín
Espesor	3/16 pulg.	Calibre 20
Largo de la lamina	1,5 m (dependiendo del espesor)	200 mm
Diámetro	1,5 m	5 pulgadas

7.1.5 Proceso de taladrado

• Taladro 1 (taladro de árbol)

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de perforación son:
Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, Calibre 12, 1/8, 3/16, 1/4, 5/16, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4, 1, 1 ¼, 1 ½, 2, 2 ½, 3, 4 Pulg

Figura 8. Imagen de la máquina taladro 1



- **Taladro 2**

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de perforación son:
Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, Calibre 12, 1/8, 3/16, 1/4, 5/16, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4, 1, 1 1/4, 1 1/2, 2, 2 1/2, 3, 4, 6 Pulg.

Figura 9. Imagen de la máquina taladro 2



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando los operarios reciben la orden de trabajo, luego analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.

- Los operarios traen a su puesto de trabajo las láminas que van a ser taladradas de la pila de material correspondiente o en caso de un proceso en línea de otra máquina (cizalla, dobladora, pantógrafo).
- Las láminas son medidas y marcadas de acuerdo a la orden de trabajo, señalando los lugares donde debe ir el orificio, después se verifican las medidas de las marcas y se centró-puntean para que la broca no patine sobre la lámina y logre entrar exactamente donde se necesita el agujero.
- El operario busca la broca que necesita dependiendo del diámetro del agujero, luego desmonta la broca que tiene en el taladro y monta la nueva broca.
- Las láminas son colocadas y aseguradas en la bancada de la máquina, el operario desliza de manera vertical y horizontal la bancada para que la broca quede sobre la marca de la lámina.

• **Operación de taladro**

- El operario enciende la máquina, lubrica el material (con brumol) mientras comienza a bajar lentamente el cabezal; a medida que la máquina va perforando se sigue lubricando y se limpia la viruta que sale de la pieza.
- Cuando la lámina traspasa la lámina se levanta el cabezal y se acomoda la bancada para que la broca quede sobre otra de las marcas repitiendo el paso **f**; este procedimiento se repite dependiendo del número de agujeros que requiera la orden de trabajo.
- Luego de que se realice el ultimo agujero, se levanta el cabezal, se apaga la máquina y se desmonta la pieza; por último el operario transporta las láminas perforadas en la mesa cerca al puesto de trabajo.
- Se diligencia el formato de orden de trabajo y el reporte diario de trabajo.
- Se debe tener en cuenta que los pasos de operación del **f** al **h** se repiten cada vez que se necesita perforar una lámina y dependen de la orden de trabajo.

• **Descripción por elementos:**

• **Alistamiento**

- Se recibe orden de trabajo, se analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Se transportan láminas que van a ser taladradas a puesto de trabajo.

- Se miden y se marcan láminas de acuerdo a la orden de trabajo
- Se verifican las medidas de las marcas y se centró-puntean.
- Se desmonta la broca que no se va a utilizar y se monta la nueva.
- Se transportan y se aseguran láminas a la bancada de la máquina, se ajusta bancada para que la broca quede sobre la marca de la lámina.

• **Operación de taladro**

- Se enciende la máquina, se lubrica el material se comienza a bajar lentamente el cabezal.
- Se continúa bajando el cabezal hasta que la broca traspasa la lámina.
- Se acomoda la bancada para que la broca quede sobre otra de las marcas.
- (al terminar ultimo agujero) se levanta el cabezal, se apaga la máquina y se desmonta la pieza.
- Se transportan las láminas perforadas en la mesa cerca al puesto de trabajo, se diligencia el formato de orden de trabajo y el reporte diario de trabajo.

Cuadro 9. Especificaciones de taladro 1 (taladro de árbol)

Taladro 1	Máx.	Mín.
Espesor	4 pulg	Calibre 20
Diámetro de agujero	1/2 pulg	1/8 pulg

Cuadro 10. Especificaciones de taladro 2

Taladro 2	Máx.	Mín.
Espesor	6 pulg.	Calibre 20
Diámetro de agujero	2 1/2 pulg.	1/8 pulg.

- **Casos especiales**

- **Uso de plantillas:** en caso de que el trabajo requiera demasiadas perforaciones y/o demasiadas laminas para ser perforadas, los operarios primero crean una plantilla con las medidas requeridas, pulen bien dicha plantilla y la colocan sobre la lámina a taladrar; aunque la elaboración de la plantilla se tarda más que el común de las perforaciones, ahorra mucho tiempo y esfuerzo durante el proceso.
- **Perforación en varias láminas al mismo tiempo:** cuando las medidas lo permiten, se pueden perforar varias laminas al mismo tiempo, lo cual ahorra tiempo en el marcado de las láminas y en el alistamiento; para taladrar varias láminas se puede utilizar una plantilla y acomodar el resto de láminas con base a esta o se puede marcar la lámina que va en la parte superior.
- **Perforaciones de gran tamaño:** Cuando la perforación que se requiere hacer tiene un diámetro muy grande primero se realiza una perforación con una broca de tamaño medio y después se cambia la broca por una más grande (*alistamiento*) para que así el agujero resultante tenga el tamaño requerido.

7.1.6 Proceso de punzonado

Los materiales que pueden ser utilizados en el proceso de punzonado son:

Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, Acero inoxidable: Calibre 20, Calibre 18, Calibre 16, Calibre 14, Calibre 12, 1/8, 3/16, 1/4, 5/16, 3/8, 1/2, 5/8, ¾ pulg.

Figura 10. Imagen de la máquina punzonadora



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando los operarios reciben la orden de trabajo, luego analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.

- Los operarios traen a su puesto de trabajo las láminas que van a ser troqueladas de la pila de material correspondiente o en caso de un proceso en línea de otra máquina (cizalla, dobladora, pantógrafo).
- Las láminas son medidas y marcadas de acuerdo a la orden de trabajo, señalando los lugares donde debe ir el orificio, después se verifican las medidas de las marcas y se centró-puntean.
- El operario cambia el troquel de la máquina dependiendo del diámetro del agujero; para esto primero afloja y desmonta el troquel que tenga instalado, luego busca el nuevo troquel y lo instala en la máquina
- Las láminas son colocadas y aseguradas en la bancada de la máquina, el operario acomoda lámina para que el troquel quede sobre la marca de la lámina; para esto se debe ajustar el troquel de manera que entre perfectamente en la matriz correspondiente.

- **Operación punzonado**

- El operario enciende la máquina y baja el cabezal con el troquel verificando que quede exactamente sobre la marca de la lámina, luego pisa la lámina con una plaqueta y perfora la lámina.
- Posteriormente el operario retira la platina y cambia de posición la lámina ubicándola de manera que el troquel quede sobre otra marca; el número de veces que se repite este paso depende del número de agujeros que sean requeridos.
- Cuando el operario termina el ultimo agujero retira la platina y transporta la lámina a una mesa cerca del puesto de trabajo, luego toma una nueva lámina y repite los pasos anteriores.
- Al terminar la última lámina diligencia el formato de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

- **Descripción por elementos:**

- **Alistamiento**

- Se recibe la orden de trabajo, se analiza las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Se transportan láminas a puesto de trabajo.

- Se miden y se marcan láminas de acuerdo a la orden de trabajo,
- Se verifican las medidas de las marcas y se centró-puntean.
- Se cambia el troquel de la máquina
- Se acomodan láminas en la bancada de la máquina.

• Operación punzonado

- Se baja el cabezal con el troquel y se verifica que quede sobre la marca de la lámina.
- se pisa la lámina con una plaqueta y perfora la lámina.
- Se retira la platina y se cambia de posición la lámina.
- (ultimo agujero) Se retira la platina y se transportan la lámina a una mesa cerca del puesto de trabajo, luego toma una nueva lámina y repite los pasos anteriores.
- Al terminar la última lámina diligencia el formato de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

Cuadro 11. Especificaciones punzonadora

Punzonadora	Máx.	Mín.
Espesor	1 pulg.	Calibre 20
Diámetro de agujero	3/8 pulg.	1/8 pulg.

• Casos especiales

- **Uso de plantillas:** en caso de que la orden de trabajo tenga demasiadas perforaciones y demasiadas laminas para ser perforadas, los operarios primero crean una plantilla con las medidas requeridas, la pulen y la colocan sobre la lámina a punzonar; aunque la elaboración de la plantilla se tarda más que el común de las perforaciones, ahorra mucho tiempo y esfuerzo durante el proceso.
- **Perforación en varias láminas al mismo tiempo:** cuando las medidas lo permiten, se pueden perforar varias laminas al mismo tiempo, lo cual ahorra

tiempo en el marcado de las láminas y en el alistamiento; para perforar varias láminas se puede utilizar una plantilla y acomodar el resto de láminas con base a esta o se puede marcar la lámina que va en la parte superior.

- **Difícil manejo de lámina (incomodidad por la forma de la lámina o por pestañas):** En caso de que el manejo de la lámina se dificulte por su forma, tamaño o debido a alguna pestaña, el operario puede desmontar la base de la punzonadora generando más espacio para manipular dicha lámina; para el estudio de tiempo se debe considerar tanto el tiempo de desmontar la base como el tiempo de volverla a colocar.

7.1.7 Proceso de corte con Pantógrafo

- **Pantógrafo CNC**

Laminas *Hot rolled*, *Cold rolled*, 1/8 en adelante.

Figura 11. Imagen de la máquina pantógrafo CNC



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando los operarios reciben la orden de trabajo, luego analizan las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Los operarios traen a su puesto de trabajo las láminas que van a ser cortadas de la pila de material correspondiente (dependiendo del tamaño y tipo de

lámina); las láminas son acomodadas en la mesa del pantógrafo; la mayoría de los casos es necesario el uso del puente grúa).

- **Operación pantógrafo**

- El operario busca el registro del dibujo (se encuentra en la orden de trabajo) y lo descarga de los archivos disponibles; luego ingresa los parámetros que requiere la máquina dependiendo del espesor y del tipo de material.
- El operario encargado del manejo de la máquina acomoda las figuras a cortar en la lámina de manera virtual verificando que la boquilla del pantógrafo nunca se salga de la lámina (manejo de tolerancias) e indicándole a la máquina el punto de partida para el corte y el recorrido que debe seguir; después de que todo ha sido verificado se ejecuta la operación de corte.
- Otro operario recolecta las láminas cortadas y las transporta al sitio de despachos o a otra máquina en caso de que se requiera (rolado, doblado, taladrado), se diligencia el formato de orden de corte y reporte diario de trabajo y posteriormente se retiran los retazos de lámina que sobraron de la mesa.

- **Descripción por elementos:**

- **Alistamiento**

- Se recibe la orden de trabajo, se analiza las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Se busca y se trae el material (casi siempre con puente grúa) colocándolo sobre la mesa de la máquina.
- Se descarga archivo según número de orden.
- Se acomodan piezas en el programa y se le asigna recorrido de corte.
- Se ajustan los parámetros de la máquina (velocidad, amperaje, voltaje, ancho sangría)
- Se “alinea” la máquina con la lámina y se le asigna posición de partida (punto cero).
- **Cambio de boquilla**
- Se busca en catalogo y se selecciona boquilla.

- Se desmonta la boquilla retirándole los consumibles.
- Se arma nueva boquilla colocándole las partes nuevas.
- Se monta de nuevo la boquilla en la máquina.
- **Operación pantógrafo**
- Se corta la pieza y se verifican las medidas obtenidas.
- Se despuntan láminas y se transportan a lugar de despacho.
- Se arrojan los retales al contenedor de chatarra.
- Diligencian formatos de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

Pantógrafo óptico

Laminas Hot rolled, 5 / 8 en adelante

Figura 12. Imagen de la máquina pantógrafo óptico



- **Alistamiento**

- El proceso comienza cuando el operario recibe la orden de trabajo, luego analiza las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- El operario trae a su puesto de trabajo las láminas que van a ser cortadas de la pila de material correspondiente (dependiendo del tamaño y tipo de lámina) o de los retales que se encuentran en el estante al frente de la máquina, las láminas son acomodadas en la mesa del pantógrafo; en la mayoría de los casos es necesario el uso del puente grúa).

- El operario busca y acomoda en la mesa de la máquina la plantilla que se le envía desde dibujo, luego acomoda el lector óptico sobre la misma y verifica mediante una prueba de recorrido que el corte que va a realizar no se salga de la lámina.
- En caso de ser necesario el operario realiza el cambio de boquilla en la máquina retirándole los consumibles o también puede dibujar (marcar) varias piezas sobre la lamina a cortar (para tener como guía).

• Operación pantógrafo

- El operario enciende el pantógrafo “alineas” y nivela la lámina para posteriormente comenzar con el proceso de corte verificando que este nunca se salga de la lámina, luego del corte introduce las piezas cortadas en agua para enfriarlas.
- El operario verifica las medidas de la(s) piezas cortadas y las coloca a un lado de la máquina o las lleva al sitio de despacho, posteriormente despeja su sitio de trabajo de los retales ya sea acomodándolos en el estante que se encuentra al frente de la máquina o llevándolos a la chatarra; por ultimo diligencia los formatos de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

• Descripción por elementos:

• Alistamiento

- Se recibe la orden de trabajo, se analiza las medidas, la cantidad y el tipo de material necesario según los requerimientos.
- Se transportan láminas a puesto de trabajo.
- Se coloca plantilla en mesa de trabajo.
- Se acomoda el lector óptico sobre plantilla.
- Se “alineas” la máquina con la lámina y se acomoda el lector y la boquilla.
- Se realiza prueba antes de cortar, simulando los movimientos necesarios para el corte.

• Operación pantógrafo

- Se nivela lámina (solo cuando la lámina tiene 1 ½ pulgada o más).
- Se corta pieza, se recoge y se moja para enfriarla.
- Se arrojan los retales al contenedor de chatarra.
- Se verifican medidas de pieza cortada.
- Se diligencian formatos de orden de trabajo y reporte diario de trabajo.

• Cambio de boquilla

- Se afloja boquilla a cambiar y desatornillar.
- Se desmonta la boquilla retirándole los consumibles (en caso del plasma).
- Se arma y se monta nueva boquilla colocándole las partes nuevas.
- Se atornilla y se asegura boquilla necesaria de acuerdo a espesor

Cuadro 12. Especificaciones pantógrafo (CNC)

Pantógrafo CNC	Máx.	Mín.
Espesor	4 pulg.	C20
Largo de la lamina	12 m	1/2 cm
Ancho lámina	2,5 m	1/2 cm

Teniendo en cuenta la información anterior y luego de que las cartas de proceso se descomponen en elementos sencillos, se crean los formatos para el registro de los tiempos y de esta manera se puedan determinar los elementos que representan más tiempo para el proceso; se debe resaltar que cada elemento ocupa un “renglón” o casilla principal y por cada elemento se deben llenar tres (3) casillas (T_o , V , T_n).

En la primera casilla **T_o** se registra el tiempo cronometrado, debido a lo complejo del proceso y a la variabilidad del mismo en cuanto a la toma de muestras, en el formato se establecieron 10 campos para el registro de las observaciones, por lo cual en cada una de las muestras se trata de registrar la mayor cantidad de

información posible para su posterior análisis sin tener en cuenta un número de muestras calculado.


En la casilla denominada **V** se registró la valoración en porcentaje de la disposición y la eficiencia del operario al realizar las tareas o elementos analizados por el observador; la valoración se realiza con la finalidad de equilibrar el tiempo cronometrado con el tiempo real, ya que una tarea o elemento no tarda lo mismo en llevarse a cabo si el operario trabaja con una valoración de 100% que la misma tarea a una valoración del 50 %.

Por último en la casilla **TN** se registra el resultado del cálculo **$TN = T_o \times (V/100)$** , este valor se conoce como el tiempo normal del proceso y es este valor el que se promedia con el resto de registros obteniendo el valor de tiempo que representa el elemento.

Al final para obtener el tiempo total del proceso se suman todos los promedios y se le aplican los suplementos los cuales difieren dependiendo del esfuerzo físico que sea requerido para llevar a cabo la operación (estos valores se encuentran en el **cuadro 5**) y son asignados mediante el criterio que adquiere el analista al observar directamente el proceso repetidas veces.

A continuación se muestra el formato que se utilizó para la toma y registro de los tiempos de cada elemento y por lo tanto de cada proceso:

Figura 13. Formato para el registro de los tiempos

HOJA DE OBSERVACIÓN														
		Número de Unidades												
		Caso especial	SI	Cual										
			NO											
		Tipo de lámina												
Máquina														
Operación														
		Dimensiones lámina												
		Espesor lámina												
ELEMENTOS		MUESTRAS											PROMEDIO (TN)	
		To	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	ALISTAMIENTO	To												
		V												
		TN												
2		To												
		V												
		TN												
3		To												
		V												
		TN												
		TOTAL ALISTAMIENTO												
4		To												
		V												
		TN												
5		To												
		V												
		TN												
6		To												
		V												
		TN												
7		To												
		V												
		TN												
9		To												
		V												
		TN												
10		To												
		V												
		TN												
11		To												
		V												
		TN												
		TOTAL OPERACIÓN												
		TIEMPO DE CICLO (Tc)												

De igual manera se muestra un formato diligenciado como ejemplo, para la comprensión del procedimiento realizado.

Figura 14. Formato de registro de tiempos (parte de alistamiento)

HOJA DE OBSERVACIÓN													
		Número de Unidades		40									
		Caso especial		SI		CÓD							
				NO									
		Tipo de lámina		Hr									
Máquina		Cizalla 1											
		Dimensiones lámina		461 Ancho X 500 Largo									
Operación		Corte		Espesor lámina		3/16							
ELEMENTOS		MUESTRAS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO (TN)
1	Se toman las láminas con las medidas necesarias que van a ser utilizadas en el proceso de corte de la pila de material que se encuentra cerca de la máquina y Se transportan a la mesa que se encuentra al frente de la máquina.	To											
		V											
		TN											
2	Se mide lámina y se marca para despuntar (opcional)	To	110	109	115	103							7,6
		V	70	70	65	75							
		TN	77	76,3	74,75	77,25							
		TOTAL ALISTAMIENTO											7,6

Como se observa en la **Figura 14** en la casilla To se registra varias veces el tiempo de cada elemento, igualmente para cada observación se registra el factor de valoración de acuerdo al criterio del analista, por último se aplica la fórmula para el cálculo del tiempo normal (explicada anteriormente), después de calcular la totalidad de tiempos normales (TN) se registra el promedio en la última casilla de la tabla con la finalidad de sumar los valores y obtener el estimado del alistamiento.

Figura 15. Formato de registro de tiempo (parte de operación)

3	se despuntan láminas (opcional)	To	47	45	45	51													
		V	65	70	70	65													
		TN	30,55	31,5	31,5	33,15													3,1675
4	se acomoda el tope (opcional/aplica para grandes cantidades de láminas >40)	To																	
		V																	
		TN																	
	Se mide el ancho requerido	To																	
		V																	
		TN																	
5	Se transporta y se introduce lámina al interior de la cizalla	To	11	14	11	10													
		V	70	65	70	70													
		TN	7,7	9,1	7,7	7													7,875
6	Se bajan las 2 guardas y se corta la lámina con el ancho requerido.	To	5	5	7	5													
		V	70	70	65	70													
		TN	3,5	3,5	4,55	3,5													3,7625
7	Se transporta lámina desde la parte de atrás de la máquina hacia la mesa (o se gira en caso de que no haya caído en la parte de atrás de la máquina) (opcional)	To	48	24	22	44													
		V	60	70	70	65													
		TN	28,8	16,8	15,4	28,6													22,4
8	Se marca lámina con el largo requerido.	To	80	43	51	53													
		V	65	75	71	70													
		TN	52	32,25	36,21	37,1													39,39
9	Se transporta y se introduce lámina al interior de la cizalla	To	12	14	14	13	15												
		V	70	65	65	70	65												
		TN	8,4	9,1	9,1	9,1	9,75												9,09
10	Se bajan las 2 guardas y se corta la lámina con el largo requerido.	To	5	5	6	7	5												
		V	70	70	70	65	70												
		TN	3,5	3,5	4,2	4,55	3,5												3,85
11	Se recogen láminas cortadas de la parte de atrás de la cizalla y se verifica que tengan las medidas necesarias	To																	
		V																	
		TN																	
12	Se transportan a la mesa cerca del puesto de trabajo	To	5	5	6	5	6												
		V	70	70	70	70	70												
		TN	3,5	3,5	4,2	3,5	4,2												3,78
TOTAL OPERACIÓN																		93,315	

Como se observa en la **Figura 15** el procedimiento para el cálculo estimado del tiempo de operación es igual al explicado en la parte de alistamiento; al final se suman los tiempos de alistamiento y de operación obteniendo de esta manera el estimado del tiempo total del proceso productivo.

Figura 16. Cuadro con el cálculo de los suplementos

En minutos		Tiempo estándar
1,68		2,16
		Se tuvieron en cuenta suplementos por necesidades personales, fatiga, trabajar de pie, uso de fuerza muscular (4), trabajo fatigoso, ruido intermitente y fuerte, trabajo bastante monotono y aburrido; generando un total de 22%.

Por último como se observa en la **Figura 16** después de estimar el tiempo total de producción se aplican los suplementos de acuerdo a las condiciones de trabajo y el esfuerzo requerido (según el peso del material de trabajo).

Después de registrar la mayor cantidad de tiempos posibles para cada proceso productivo y clasificarlos de acuerdo al tamaño de la lámina y al espesor, se promedian los valores en cuadros y se verifican que los valores registrados sean correctos mediante el cronometraje de productos con condiciones similares (que sean abarcados por el intervalo del cuadro analizado).

La totalidad de los formatos utilizados se encuentran en los anexos digitales con el nombre **Anexo v1. Formatos de registro de tiempos.**

7.2 ESTUDIO DE TIEMPOS

Debido a la gran cantidad de información y a la variabilidad de cada uno de los procesos analizados se tuvieron que establecer rangos dependiendo del tipo del espesor y de las longitudes de las láminas; la finalidad de estos rangos consiste en tratar de establecer un valor de tiempo que represente la realidad dada las condiciones establecidas, o sea que independientemente de la forma, tipo o momento en que se vaya a realizar el trabajo el tiempo que tarde se debe aproximar al valor establecido en el cuadro correspondiente.

A continuación se muestran los cuadros con los tiempos de cada uno de los procesos que se obtuvieron después de realizar la toma de tiempos, clasificar y analizar la información:

7.2.1 Cizallas

Cuadro 13. Tiempos obtenidos para el proceso de corte con cizalla 1

Cizalla 1	Menor a 1 metro	Entre 1 y 2 metros	Entre 2 y 3 metros
C20 C18 C16 C14	1 min 30 seg/unidad	1 min 30 seg/unidad	2 min 30 seg/unidad
C12 1/8 3/16	2 min 30 seg/unidad	4 min 30 seg/unidad	5 min 30 seg/unidad

Cuadro 14. Tiempos obtenidos para el proceso de corte con cizalla 2

Cizalla 2	Menor a 1 metro	Entre 1 y 2 metros	Entre 2 y 3 metros
C20 C18 C16 C14	1 min 30 seg/unidad	1 30 seg/unidad	2 min 30 seg/unidad
C12 1/8 3/16 1/4	2 min 30 seg/unidad	4 min 30 seg/unidad	5 min 30 seg/unidad
5/16			
3/8 1/2	3 min/unidad	5 min/unidad	10 min/unidad

Estos cuadros se generaron sin tener en cuenta el tiempo de transporte de láminas hacia el puesto de trabajo, ya que aunque es considerado un elemento la

variabilidad de este sesgaría el proceso y no permitiría establecer un valor de tiempo que se aproxime a la realidad, como se observa en cada uno de los cuadros el tiempo de corte aumenta considerablemente a medida que el espesor y la longitud también lo hace, por lo cual los cortes de láminas muy pesadas y/o muy grandes se ratifican como casos especiales.

7.2.2 Dobladoras. En el caso del proceso de doblado se generó solo un cuadro de tiempos para ambas máquinas (Convencional/CNC) debido a que aunque en la Dobladora CNC existen pequeñas variaciones como el ingreso de parámetros y la facilidad de acomodar el tope mediante el uso de la computadora al momento de llevar a cabo el proceso de doblado la diferencia en cuanto a tiempo entre las dos máquinas es mínima por lo cual no valdría la pena generar otro cuadro con la misma información

Cuadro 15. Tiempos obtenidos para el proceso de doblado

Dobladora	Menor a 1 metro	Entre 1 y 2 metros	Entre 2 y 3 metros	Más de 3 metros
C20 C18 C16 C14	1 min 30 seg/pestaña	2min/pestaña	2 min 30 seg/pestaña	4min/pestaña
C12	1 min/pestaña	1 min/pestaña	2 min/pestaña	5 min/pestaña
1/8 3/16 1/4				
5/16 3/8 1/2				
	2 min 30 seg/pestaña	2 min 30 seg/pestaña	5 min /pestaña	14 min 30 seg/pestaña

7.2.3 Taladros. Estos tiempos son resultado no solo del tiempo de perforación, también tienen en cuenta los tiempos que se generan en actividades complementarias a la perforación, como lo son la marcación y centro-punteado de las láminas, también el tiempo que tarda montar, asegurar y desmontar la(s) pieza(s) en la bancada; se debe resaltar que por el gran número de variables que se generarían al combinar los espesores de láminas con las posibles brocas para

perforación solamente se generaron reportes de tiempos para las brocas más utilizadas.

Cuadro 16. Tiempos obtenidos para el proceso de perforado del taladro 1

		Hr		
		Diámetro de Broca		
Espesores Lámina	Taladro 1	1/4	1/2	1"
	C20	1 min/agujero	1 min 30 seg/Agujero	2 min/Agujero
	C18			
	C16			
	C14			
	C12	2 min/agujero	2 min 30 seg/Agujero	4 min/Agujero
	1/8			
	3/16			
	1/4			
	5/16	2 min 30 seg/agujero	4 min/Agujero	7 min/Agujero
	3/8			
	1/2			
	5/8			

Los tiempos del taladro 2 son mayores a los del primer taladro debido a que los espesores que se utilizan son mucho mayores, además las brocas que se usan para realizar los agujeros son de un diámetro mucho mayor por lo cual el avance y el material removido por las brocas varían dependiendo del material a perforar y el tipo de agujero requerido; por cuestiones de practicidad al momento de clasificar los datos, se registraron los tiempos de las perforaciones con las brocas más utilizadas.

Cuadro 17. Tiempos obtenidos para el proceso de perforado del taladro 2

		Hr			
		Diámetro de Broca			
Espesores Lámina	Taladro 2	1/2	1"	1" 1/2	2"
	C12				
	1/8	1 min 30	2 min 30	3 min seg/Agujero	4 min/Agujero
	3/16	seg/Agujero	seg/Agujero		
	1/4				
	5/16				
	3/8	4 min 30	6 min/Agujero	8 min/agujero	9 min/agujero
	1/2	seg/Agujero			
	5/8				
	3/4				
	1"				
	1" 1/4	8 min/Agujero	9 min/agujero	10 min/Agujero	11 min/agujero
	1" 1/2				
	2"				

7.2.4 Punzonadora. En el proceso de punzonado se presento una situación especial con el registro de los tiempos, ya que se trató de normalizar el tiempo por agujero pero después de varias muestras se observó que el tiempo no variaba con respecto al espesor de las láminas ni con el diámetro del agujero a realizar sino que variaba con respecto a la distancia entre agujeros, el número entre agujeros y sobre todo a la complejidad de la posición de estos con respecto al punzón, por ejemplo un agujero de 9/16 en una platina de 70 mm de ancho x 70 de largo puede tardar 30 segundos en promedio (incluidos el tiempo de marcación y de alistamiento de la máquina), tres (3) agujeros de una pulgada en una platina de 2 pulgadas de ancho x 500 mm de largo tardan 1 min aproximadamente.

Por lo anterior se puede afirmar que en el proceso de punzonado no existe una relación entre el tipo de material, el espesor o las dimensiones de la lámina, sino que lo que marca la duración del proceso es la complejidad o el lugar de los agujeros ya que si son agujeros fáciles de marcar y realizar se pueden utilizar plantillas e inclusive mediante topes improvisados (anclados a la máquina) se pueden perforar grandes cantidades de agujeros en muy poco tiempo (en promedio 30 segundos por agujero incluyendo el tiempo de alistamiento de la máquina y del material); mientras que si la complejidad de los agujeros comienza a aumentar el tiempo de proceso también lo hace.

Como resultado del análisis anterior se puede afirmar que no se puede establecer un valor absoluto de tiempo para el proceso de punzonado, aunque de acuerdo al estudio realizado y a las muestras tomadas se puede establecer que el mínimo valor para una perforación considerando los tiempos de alistamiento y los suplementos necesarios es de treinta (30) segundos aunque en el caso de varios agujeros en línea este tiempo disminuye considerablemente, mientras que por otra parte cuando se tienen diferentes agujeros en posiciones aleatorias el tiempo puede llegar hasta un (1) minuto y treinta (30) segundos dependiendo de la complejidad.

7.2.5 Roladoras. Para el proceso de rolado el único producto al cual se le logró establecer una relación entre el espesor y la longitud de las láminas fue al cilindrado, ya que este proceso consiste en rolar la lámina hasta lograr cerrarla por lo cual el desarrollo (parte de la lámina que entra en los rodillos) era la que se veía afectada por las restricciones de los espesores, estas restricciones deben ser tenidas en cuenta por los dibujantes ya que por ejemplo el máximo desarrollo que se puede rolar en una lámina de $\frac{1}{2}$ pulgada es de 80 cm, mientras que el largo de la lámina si puede ser un valor mucho más alto y precisamente es la longitud la que determina cuánto tarda el proceso por lo cual los rangos para la clasificación y registro de la información se basaron en el largo de la lámina.

Como se observa en el **cuadro 18** el tiempo de rolado por unidad (cilindro) aumenta a medida que lo hace el espesor y la longitud de la lámina; se debe resaltar que los cilindros se entregan con soldadura (punteados) y este tiempo también se consideró en los valores registrados en el cuadro, aunque el proceso de soldadura manual varía notablemente dependiendo del operario (habilidad y experiencia) por lo cual también pueden afectar directamente estos tiempos sino los realiza la persona encargada.

Cuadro 18. Tiempos obtenidos para el proceso de rolado de la roladora Grande

Roladora grande	Cilindro punteado			
	Menor a 1 metro	Entre 1 y 2 metros	Entre 2 y 3 metros	más de 3 metros
C20 C18 C16 C14	5 min/unidad	8 min/unidad	10 min/unidad	15 min/unidad
C12 1/8 3/16 1/4	12 min/unidad	20 min/unidad	20 min/unidad	45 minutos/unidad
5/16 3/8 1/2 5/8	15 min/unidad	20 min/unidad	30 min/unidad	45 minutos/unidad

En el caso de la roladora pequeña los espesores y las dimensiones que se manejan son mucho menores por lo cual los tiempos registrados también lo son; al igual que con el cuadro anterior los tiempos que se encuentran registrados consideran el proceso de soldadura que requiere la elaboración de los cilindros.

Cuadro 19. Tiempos obtenidos para el proceso de rolado de la roladora pequeña

Roladora pequeña	Cilindro punteado			
	Menor a 1 metro	Entre 1 y 2 metros	Entre 2 y 3 metros	más de 3 metros
C20 C18 C16 C14	7 min/unidad	7 min/unidad	9 min/unidad	12 min/unidad
C12 1/8 3/16	8 min 30 seg/unidad	10 min/unidad	14 min/unidad	20 min/unidad

7.2.6 Proceso de corte con pantógrafo

- **Pantógrafo CNC**

Para el caso del pantógrafo se realizó el estudio de tiempos originalmente a los elementos relacionados con el alistamiento y con los aspectos de la operación que no tenían que ver con el corte, puesto que cada figura que se corta tiene una longitud diferente sería imposible cuantificar el tiempo que tardan; por este motivo el tiempo relacionado con el corte se obtendrá mediante hojas de cálculo generadas en Excel, teniendo en cuenta el avance de la máquina establecido por el fabricante de acuerdo al tipo y espesor del material empleado.

De acuerdo al análisis realizado en el alistamiento incluyendo el transporte de láminas (que casi siempre es con el puente grúa) y el ingreso de todos los parámetros a la máquina, se obtuvo que el tiempo promedio de alistamiento de acuerdo a las muestras tomada es de **quince (15) minutos**.

Figura 17. Imagen del alistamiento del pantógrafo



Otro aspecto que se analizó durante la toma de tiempos fue el cambio de boquillas debido a que requerían cambio de consumibles o se iba a trabajar con otro material, el tiempo promedio para el cambio de boquillas de acuerdo al análisis realizado es de **dos (2) minutos** para el plasma y de **un (1) minuto** para el oxicorte.

A continuación se muestran imágenes (**Figura 18, Figura 19, Figura 20**) de las tablas que pueden ser empleadas para el cálculo del tiempo de corte; este valor se le puede sumar al tiempo de alistamiento previamente mencionado; la idea es que con esta herramienta se pueda obtener el tiempo de corte en minutos al introducir el perímetro de corte en milímetros, puesto que esta es la distancia que va a recorrer la boquilla con el avance que programa el operario de acuerdo a su catálogo, por lo cual se podría estimar cuanto tiempo tardaría el proceso de fabricación antes de cortar las piezas, la hoja de calculo funcional se encuentra en los anexos digitales con el nombre de **Anexo v2. Hojas de cálculo para el tiempo de corte en pantógrafos.**

Figura 18. Tabla para el cálculo del tiempo de corte con plasma en Hierro

TIEMPOS PARA CORTE EN HIERRO						
		HIERRO				
		Espesor	Velocidad de Corte	Unidades	Perímetro de Corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
Boquilla	80 A	C14	9810	mm/min		0,0
		C12	7980	mm/min		0,0
		1/8	6145	mm/min		0,0
		3/16	4300	mm/min		0,0
	130A	1/4	4035	mm/min		0,0
		3/8	2680	mm/min		0,0
		1/2	2200	mm/min		0,0
	200A	5/8	2275	mm/min		0,0
		3/4	1575	mm/min		0,0
	260 A	7/8	1930	mm/min		0,0
		1"	1685	mm/min		0,0
		1" 1/8	1445	mm/min		0,0
		1" 1/4	1135	mm/min		0,0
		1" 1/2	895	mm/min		0,0

Figura 19. Tabla para el cálculo del tiempo de corte con plasma en Acero Inoxidable

TIEMPOS PARA CORTE EN ACERO INOXIDABLE						
		INOXIDABLE				
		Espesor	Velocidad de Corte	Unidades	Perímetro de Corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
Boquilla	45 A	C22	6380	mm/min		0,0
		C20	5880	mm/min		0,0
		C18	5380	mm/min		0,0
		C14	4630	mm/min		0,0
		C12	3270	mm/min		0,0
		1/8	6145	mm/min		0,0
	130A	3/16	2550	mm/min		0,0
		1/4	1580	mm/min		0,0
	260A	3/8	1300	mm/min		0,0
		1/2	2960	mm/min		0,0
		5/8	2520	mm/min		0,0
		3/4	1590	mm/min		0,0
		1"	1300	mm/min		0,0
		1"1/4	875	mm/min		0,0
		1"1/2	515	mm/min		0,0

Por otra parte también se generó una tabla que muestra el tiempo de corte para piezas con oxicorte, este tiempo es mucho mayor que lo anteriores debido a que se utiliza solo en grandes espesores y su avance es más lento en comparación al anterior, esta herramienta también puede ser utilizada en el pantógrafo óptico; a continuación se muestra la imagen de la tabla con la cual se puede calcular el tiempo total del corte:

Figura 20. Tabla para el cálculo del tiempo de Oxicorte

Espesor lámina	Parametros de oxicorte			
1 Pulgada	Boquilla #3 Velocidad de Corte	Unidades	Primetro del corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
	350	mm/min		0,0
1 1/4 Pulgada	Boquilla #3 Velocidad de Corte	Unidades	Primetro del corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
	340	mm/min		0,0
1 1/2 Pulgada	Boquilla #3 Velocidad de Corte	Unidades	Primetro del corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
	304	mm/min		0,0
2 Pulgadas	Boquilla #4 Velocidad de Corte	Unidades	Primetro del corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
	280	mm/min		0,0
2 1/2 Pulgadas	Boquilla #5 Velocidad de Corte	Unidades	Primetro del corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
	280	mm/min		0,0
3 Pulgadas	Boquilla #5 Velocidad de Corte	Unidades	Primetro del corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
	270	mm/min		0,0
4 Pulgadas	Boquilla #5 Velocidad de Corte	Unidades	Primetro del corte (mm)	Tiempo de Corte (min)
	270	mm/min		0,0

- **Pantógrafo óptico**

Para el análisis del tiempo de proceso en el corte con el pantógrafo óptico se tuvieron en cuenta solamente los aspectos relacionados con el alistamiento de la máquina puesto que no se cuenta con la velocidad de corte, además el operario es el que ajusta la velocidad dependiendo de su experiencia, ya que según su experiencia, la velocidad apropiada es en la cual las chispas que caen al piso tienen una cierta inclinación.

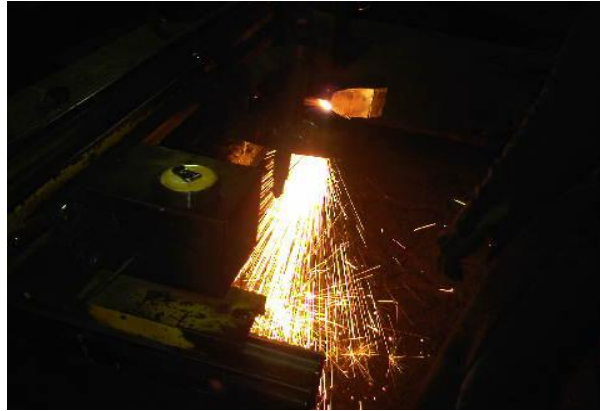
Otro motivo de los motivos por el cual no se puede establecer un tiempo de corte para los diferentes tipos de láminas es debido a que el operario en ocasiones no varía la velocidad así trabaje con diferentes tipos de láminas lo cual no tiene coherencia con lo analizado en el pantógrafo CNC, ya que cada espesor maneja una boquilla diferente por lo cual su avance o velocidad de corte también debería variar.

Por último, pese a no poder determinar los valores de los tiempos de corte para el pantógrafo óptico se trató de comparar esta máquina con el pantógrafo CNC, para establecer si existía alguna relación en términos de tiempo de corte, el procedimiento que se realizó fue cronometrar el tiempo de corte de una pieza en el pantógrafo óptico y comparar el resultado con el valor que tardaría el corte en el pantógrafo CNC con la misma distancia, el mismo tipo de material en el mismo espesor. Los resultados obtenidos no coincidieron para el caso del plasma puesto que el tiempo de corte del pantógrafo CNC era dos o tres veces menor al obtenido en el pantógrafo óptico.

En conclusión después de analizar toda la información recopilada se puede afirmar que no se puede establecer un valor de tiempo para el proceso de corte con pantógrafo óptico; sin embargo mientras se realizaba el análisis se encontró que el tiempo de alistamiento de la máquina incluyendo el tiempo de transporte de láminas se encuentra entre **los ocho (8) y los diez (10) minutos** cuando se necesita el puente grúa y de aproximadamente **cinco (5) minutos** cuando se trabaja con los retales de la estantería del frente de la máquina.

Por otra parte se encontró que el cambio de boquilla en el pantógrafo óptico se tarda en promedio **cuarenta y cinco (45) segundos** para la boquilla de oxicorte, mientras que para el plasma se demora aproximadamente **un (1) minuto y treinta (30) segundos**.

Figura 21. Imagen del corte cuando se realiza a la velocidad correcta



En la **Figura 21** se observa la inclinación correcta que deben tener las chispas al cortar una pieza según la experiencia del operario, el tiempo que se requiere para calibrar la máquina varía según la experiencia y habilidad de trabajador

Figura 22. Imagen del regulador de velocidad de corte en el Pantógrafo óptico



En la **Figura 22** se observa que la máquina no se encuentra calibrada correctamente puesto que el indicador sobrepasa el valor mínimo de potencia (cero), por lo cual no existe exactitud ni coherencia en la potencia que asigne el operario.

Antes de comenzar con los casos especiales se aclara que para cada proceso productivo se realizaron diagramas de operaciones y de flujo con la finalidad de detallar más cada elemento y conocer el recorrido que realiza el operario durante el alistamiento de material, operación y transporte de productos terminados; dichos diagramas se encuentran en la sección de **ANEXOS** al final de este informe.

7.3 CASOS ESPECIALES

A continuación se muestran las características y los tiempos de los casos especiales para los diferentes procesos, aunque se debe resaltar que por el tipo de producción y la infinidad de productos que se generan se podría pensar que toda la producción es un “caso especial” (por esta razón no se normalizaron productos sino procesos), por esta razón ciertos tipos de productos y particularidades en cada uno de los procesos son analizados por aparte.

7.3.1 Casos especiales en el corte con cizalla

- **Láminas a cortar sean muy pequeñas (50 mm):** en el caso de que las láminas sean muy pequeñas se podrían tomar los tiempos del rango de la tabla que se denomina **Menor a 1 metro**, puesto que la única diferencia al momento de cortar las láminas de este tamaño es que se deben “pisar” con una especie de pala debido a que las guardas no alcanzan a sujetar la lámina para el corte de manera adecuada y este paso no representa gran diferencia en cuanto a tiempo para el proceso por lo cual se ratifica que aplican los valores del **cuadro 16** y **cuadro 17**.

- **Lámina muy larga (6 metros):** Como se mencionó en la descripción de este caso especial, el corte de este tipo de láminas se debe realizar con plasma de manera manual lo cual requiere un poco más de tiempo, de acuerdo a las mediciones tomadas el tiempo de corte con plasma incluyendo el levantamiento de lámina, la colocación de tabloncillos de madera por debajo de la lámina y el corte como tal es de aproximadamente **ocho (8) minutos**.

Figura 23. Imagen de corte con plasma



• **Lámina pesada:** Efectivamente como se esperaba pese a que el proceso de marcación y de corte es el mismo para todas las láminas en el corte con cizalla, las láminas pesadas representan mayor dificultad de transporte y manejo por lo cual también su procesamiento tarda más tiempo; por esta razón se observa que en el intervalo de los espesores en el **cuadro 17** se generan los mayores tiempos y dependiendo de la longitud de la lámina que se desee cortar se puede estimar el tiempo.

7.3.2 Casos especiales en el proceso de doblado

• **Prevent:** para el caso del prevent se registraron diferentes datos, los cuales permitieron establecer unos rangos de tiempo de acuerdo a la longitud de la lámina que entra en la dobladora (o sea la longitud que pisan los punzones), a continuación se muestra la clasificación de la información en el **cuadro 20**:

Cuadro 20. Tiempos obtenidos para el proceso de Prevent en dobladoras

Prevent	Menor a 1 metro	Entre 1 y 2 metros
3/16 1/4	3 min/unidad	8 min/unidad
5/16 3/8 1/2	8 min/unidad	11 min/ unidad
5/8 3/4 1" 1 1/4 1 1/2 2"	15 min/unidad	20 min/unidad

- **Láminas con largo mayor a 3,7 metros:** para este caso especial se referencia la información registrada en el **cuadro 15**, se resalta que las muestras tomadas para obtener dichos valores estuvieron entre los **tres (3) y seis (6) metros**.
- **Láminas de mucho espesor mayor a 1/4 pulgada:** en este caso especial se generan mayores tiempos de proceso debido al esfuerzo que requiere manipular láminas pesadas y también a que el dobléz requerido no se puede lograr con una sola “pisada”; los tiempos registrados en el **cuadro 15** consideran todos los aspectos relacionados con este caso especial.
- **Escalera enteriza:** En este tipo de proceso se generan varios dobleces sobre una misma lámina generando una escalera (como su nombre lo indica), por lo cual es imposible normalizar el tiempo de fabricación de este producto, puesto que se tendría que considerar la longitud de la lámina, el espesor y el número de dobleces o “peldaños”, entonces se podrían generándose infinidad de combinaciones; por esta razón la única alternativa viable es estimar mediante los tiempos del **cuadro 15** de acuerdo a la longitud, el espesor y el número de dobleces el tiempo aproximado que tardaría la fabricación del producto.
- **Grafado:** En el caso del grafado se debe tener en cuenta que este tipo de proceso solo se puede realizar en espesores delgados (hasta Calibre 14), de acuerdo al estudio de tiempos realizados se obtuvo la siguiente información:

Cuadro 21. Tiempos obtenidos para el proceso de grafado en dobladoras

Grafado	Menor a 1 metro	Entre 1 y 2 metros	Entre 2 y 3 metros
C20	2 min/pestaña	5 min/pestaña	7 min/pestaña
C18			
C16			
C14			

- **Ángulo de doblado diferente al de los dados:** para este tipo de proceso se trató de analizar el tiempo de doblado de acuerdo a los diferentes ángulos que se podían generar, pero no se pudo establecer un valor de tiempo para el proceso debido a la complejidad de este y a que en todas las ocasiones se generaba un desfase en el dobléz y se requería tiempo para la corrección de la pieza mediante la improvisación del operario (golpe con martillo, pisando la lámina con platinas etc).

7.3.3 Casos especiales del proceso de rolado

- **Cambio de rodillo:** Como se explica en la descripción de los casos especiales en las cartas de proceso, el cambio de rodillo se debe realizar cuando el diámetro del cilindro no permite que sea rolado con el rodillo grande o el que se utiliza normalmente, por este motivo se debe cambiar con ayuda del puente grúa dicho rodillo por uno con diámetro menor; el tiempo que tarda el cambio de rodillo según el estudio de tiempo es de **seis (6) minutos** en promedio.
- **Fabricación de aros normales o decantados, anillos, ángulos, canales y mediacanoas:** en este caso especial se trabajaron los productos por separado ya que las variaciones que se presentan en el proceso de fabricación varían dependiendo del tipo de producto.

En el caso de **anillos** o **aros** que se trabajan con los rodillos de la roladora el tiempo promedio que se requiere de acuerdo al estudio de tiempos para la elaboración de estas piezas es de **ocho (8) minutos**, incluyendo los tiempos de soldadura.

Por otra parte si los **anillos** o **aros** se fabrican son decantados, se necesita realizar el alistamiento de la matriz lateral de la roladora, este alistamiento tarda en promedio **siete (7) minutos** mientras que el tiempo de proceso de rolado es aproximadamente **diez (10) minutos**.

En el caso de los **ángulos** se tiene que tener en cuenta el tiempo de alistamiento de la matriz lateral de la roladora y el tiempo que se tardan en soldar dos ángulos juntos para poder rolarlos; teniendo en cuenta todo lo anterior el promedio del tiempo de rolado para este producto es de **dieciocho (18) minutos**.

Para los canales también se debe considerar el tiempo de alistamiento de la matriz lateral de la roladora y se tiene que el tiempo de proceso de rolado promedio para este producto es de **quince (15) minutos**.

Figura 24. Imagen de la matriz para elaboración de aros, canales, ángulos



- **Conos, codos y mediacanoas:** En este tipo de productos se presentan variantes en el proceso de rolado, por lo cual al igual que en el caso anterior se trabajan los productos por aparte.

En el caso de los **conos** no se pudo establecer un valor de tiempo de producción, debido a que su forma en algunos casos dificulta mucho su proceso de elaboración, además en la mayoría de los casos el cono después de rolado tiene que ser cerrado y ajustado con golpes de martillo para poder soldarlo lo cual genera una gran variabilidad en el tiempo de fabricación; también en otras ocasiones los conos son elaborados o cerrados en una prensa hidráulica (esta máquina no está diseñada para este tipo de productos) por lo cual el tiempo que tarda la elaboración del producto depende de la habilidad del operario.

Figura 25. Imagen de la elaboración de conos



En la **Figura 25** se observa la elaboración de un cono en la roladora pequeña, como se menciono anteriormente el proceso de elaboración de estos productos en

esta máquina presenta varias dificultades y variaciones en cuanto al tiempo de fabricación incluyendo la calidad del producto terminado

Figura 26. Imagen del proceso de cierre de cono con martillo



Figura 27. Imagen de la prensa utilizada para elaboración y/o cierre de conos



En la **Figura 27** se observa otra de las máquinas utilizadas para la elaboración de conos, se debe tener en cuenta que esta prensa no está diseñada para la elaboración de este tipo de productos, por lo cual el tiempo de fabricación y la calidad de la pieza terminada depende de la habilidad del operario.

- Los **codos**: se pueden trabajar de acuerdo a la longitud de la lámina como cilindros, ya que al momento de rolarlo se trabajan las **cinco (5)** piezas juntas sin importar las divisiones (como si fuera una sola lámina); por lo cual se consideraría

como un cilindro, se debe resaltar que solo se tiene en cuenta el tiempo de rolado y de punteado, se exceptúa el tiempo de armado puesto que como se ha mencionado en ocasiones anteriores la soldadura manual depende de las habilidades y experiencia de los operarios

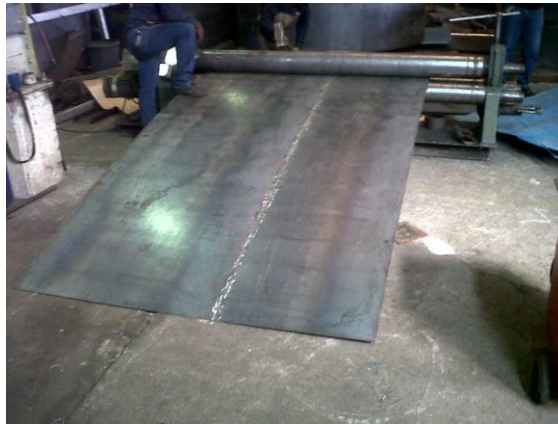
Figura 28. Imagen de los codos



En la **Figura 28** se observa un codo terminado, en esta imagen se pueden identificar las divisiones que fueron roladas juntas y armadas luego.

- **Láminas de gran espesor:** En este último caso especial se pueden aplicar los tiempos del **cuadro 21** y **cuadro 22**, considerando que se tiene en cuenta las restricciones de longitud (de acuerdo a los espesores).

Figura 29. Imagen del rolado de lámina



En la **Figura 29** se observa el proceso de rolado de una lámina, dicho proceso consiste en hacer pasar el formato de la lámina varias veces entre los rodillos, los

cuales se aprietan mediante unos tornillos laterales obteniendo de esta manera la curvatura deseada.

7.3.4 Casos especiales proceso de perforación con taladro

- **Uso de plantillas:** en el uso de plantillas no se tuvo en cuenta el tiempo de elaboración de estas ya que es imposible establecer un valor estándar, una tasa de producción o de ahorro de tiempo cuando en cada estudio de tiempo que se realiza se analizan productos de diferentes medidas, espesores y complejidad; por estos motivos se estableció que el tiempo promedio para la elaboración de plantillas en papel según el estudio de tiempos oscila entre los **cinco (5)** y los **ocho (8) minutos**, mientras que si la plantilla que se va a utilizar es la primera pieza de la serie se puede tomar como punto de referencia para su elaboración el **cuadro 19** y el **cuadro 20**.
- **Perforación en varias láminas al mismo tiempo:** En este caso especial se puede aplicar la información del **cuadro 19** y el **cuadro 20** teniendo en cuenta como punto de referencia el espesor resultante al apilar las diferentes láminas, **por ejemplo:** si se apilan **dos (2)** láminas de espesor $\frac{1}{4}$ pulgada se obtendría una lámina de $\frac{1}{2}$ pulgada y su tiempo se puede obtener de los cuadros ya mencionados de acuerdo al diámetro del agujero que se desea realizar.
- **Perforaciones de gran tamaño:** Para este caso especial se puede tener como referencia la información registrada en el **cuadro 19** y el **cuadro 20** ya que si el agujero que se realiza tiene un diámetro muy grande, en el tiempo obtenido vienen inmersos los tiempos empleados para los agujeros anteriores; por ejemplo si el agujero que se requiere es de **dos (2)** pulgadas el tiempo que se obtiene de los cuadros ya está considerando los tiempos empleados en los agujeros de $\frac{1}{2}$ pulgada y **una (1)** pulgada.

7.4 PROPUESTAS DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO

Con base en el estudio de tiempo realizado y mediante la observación directa de cada uno de los procesos se pudo identificar que en cuanto a los pasos o elementos de los procesos de producción no se encuentran falencias ni problemas con respecto al tiempo, ya que en casi su totalidad son pasos muy sencillos y las personas encargadas de dichos procesos manejan muy bien las máquinas, además cuentan con gran experiencia y habilidad por lo cual son capaces de resolver cualquier dificultad que se les presente rápidamente.

Por otra parte se encontraron falencias en alistamiento y en el flujo de los materiales dentro de los diferentes procesos, por lo cual el problema más grave o el que más tiempo representa para los procesos es el ingreso de materias primas, el transporte de producto en proceso y/o productos terminados entre los diferentes puestos de trabajo; teniendo en cuenta lo anterior a continuación se analizan con mayor profundidad cada una de las diferentes problemáticas encontradas y se proponen o sugieren ideas que permitan resolver o al menos disminuir los efectos que generan en el proceso productivo.

7.4.1 Establecer un punto de abastecimiento y otro de despacho. Dos de los factores que generan desorden y afectan los procesos productivos de la empresa son el abastecimiento de materiales y el despacho de productos terminados; los procesos productivos se ven afectados por factores de riesgo, espacio y logística ya que en algunos casos se amontonan los clientes que vienen a recoger los productos terminados con los proveedores que dejan láminas o productos para servicio o simplemente a preguntar por sus productos en proceso.

Al separar estos dos lugares se mejorara la logística de la empresa reduciendo la cantidad de personas en la puerta esperando, se mejorara el flujo de materiales desde el ingreso hasta la salida de la planta y se generara un orden en la infraestructura de la planta.

Figura 30. Imagen proceso de abastecimiento de materias primas



En la **Figura 30** se observa como mediante el puente grúa y cadenas se acomodan las láminas que llegan a la fábrica en la parte trasera de la planta.

Figura 31. Imagen del proceso de despacho de productos terminados



En la **Figura 31** se observa que el lugar de despacho de productos terminados se encuentra al lado de la entrada (mismo lugar por el que despachan la chatarra y entran los suministros de láminas).

Figura 32. Imagen del proceso de despacho de chatarra



En la **Figura 32** se observa como mediante el uso del puente grúa se alza el depósito de chatarra y se transporta a la entrada de la fábrica donde espera el camión encargado de recoger la chatarra,

7.4.2 Demarcar zona de productos terminados. Después de establecer las zonas de abastecimiento y de despacho por aparte el paso a seguir es demarcar

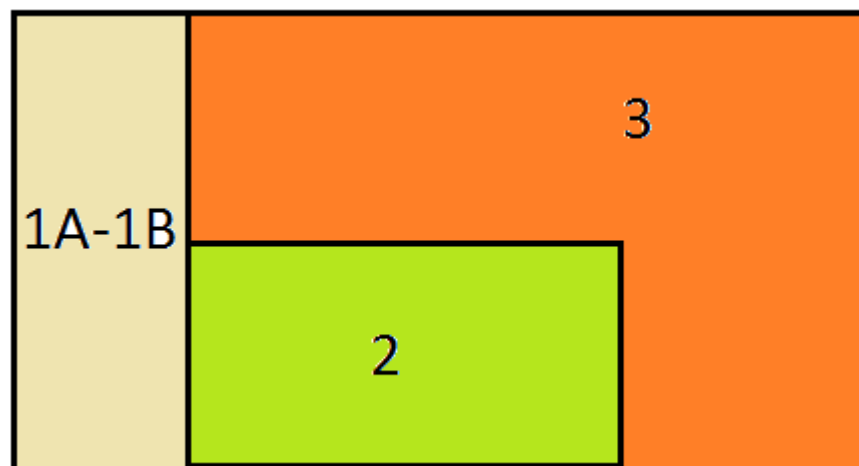
la zona de despacho para de esta manera establecer un orden en cuanto a la ubicación de las piezas y en caso de ser posible colocar soportes sobre el piso para que las piezas pequeñas se puedan colocar encima de las que ocupan más espacio optimizando de esta manera el espacio en esta zona y evitando que el operario encargado del despacho tenga que agacharse en todo momento y/o contar las piezas pequeñas en el suelo (que por lo general vienen en grandes cantidades).

Figura 33. Imagen de la zona de productos terminados



Como se observa en la **Figura 33** el lugar de despacho para los productos terminados siempre se encuentra saturado de piezas, además no presenta ninguna delimitación ni estructura de orden.

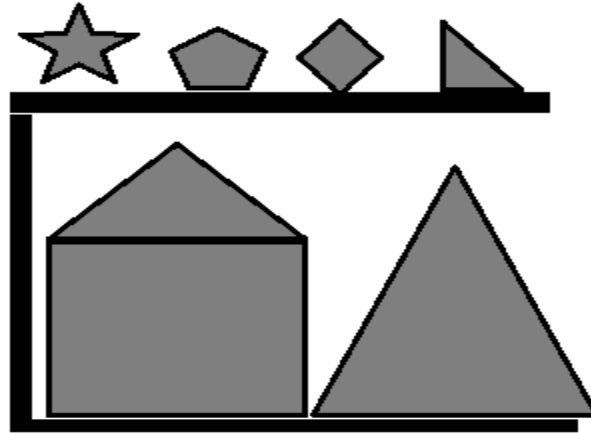
Figura 34. Imagen de la propuesta de limitación de zonas de Despacho



Una de las propuestas consiste en delimitar las zona para el despacho en **tres (3)** lugares diferentes, los cuales se pueden utilizar dependiendo del tipo de piezas; por ejemplo en la zona **1A** o sea la parte del suelo se pueden colocar piezas de

mediano tamaño, mientras que en la zona **1B** (en una plataforma) pueden ir piezas más pequeñas. Por otra parte en la zona **2** se podrían acomodar piezas un poco más grandes y por ultimo en la zona **3** se pueden almacenar los productos terminados de mayor tamaño.

Figura 35. Imagen de la propuesta de soporte para la zona 1B



En la **Figura 35** se muestra un bosquejo de la propuesta para la zona 1B, esta idea consiste en colocar una estructura que permita sostener piezas pequeñas sobre el suelo, mientras se almacenan otras piezas debajo del soporte.

7.4.3 Establecer zonas de soldadura y pulido. Dos de los procesos productivos que son muy importantes para el acabado de las piezas son la soldadura y el pulido, sin embargo estos procesos pueden afectar negativamente otros lugares de trabajo convirtiéndose en un riesgo para la salud de los operarios; por estos motivos dichas actividades se deben realizar en el lugar adecuado con las precauciones y medidas de seguridad pertinentes.

En la fabrica no se cuenta con áreas establecidas de pulido por lo cual pierden tiempo tanto el operario que busca y acomoda las máquinas para realizar el trabajo como la persona encargada del despacho, la cual tiene que buscar las piezas terminadas por toda la planta a veces con el cliente en la puerta esperando a ser despachado.

Figura 36. Imagen de la pulidora en el suelo de la planta



En este caso se observa la pulidora en el suelo de la planta, esto además de representar desorden perjudica el estado de la máquina pudiendo generar daños y costos de reparación totalmente innecesarios.

Figura 37. Imagen del proceso de pulido



Como se menciona anteriormente el proceso de pulido afecta otras zonas y en el peor de los casos puede poner en riesgo la salud de otros trabajadores.

Figura 38. Imagen del proceso de corte con tortuga



Se debe resaltar que para esta propuesta no solo aplican la soldadura y el pulido sino cualquier proceso que pueda representar un riesgo para la salud de los trabajadores y que impidan el libre transporte de ellos o también de los materiales y/o productos en proceso o terminados a través la planta.

Figura 39. Imagen del proceso de soldadura en la roladora



Otro de los procesos en que se utiliza con mucha frecuencia la soldadura es en el rolado, ya que cada que se debe cerrar un cilindro este debe ser punteado para ser despachado.

Figura 40. Imagen del proceso de soldadura cerca a otros puestos de trabajo



Como se observa en la **Figura 40** la soldadura es un proceso que afecta los demás procesos de manera directa ya que un trabajador no rinde de igual manera teniendo distracciones o peligros cerca a su puesto de trabajo, se debe aclarar que la soldadura es un proceso que puede afectar la vista de los trabajadores sino se tienen las precauciones correspondientes.

Figura 41. Imagen del área actual de soldadura



Como se observa en la **Figura 41** la planta cuenta con un “espacio” para los soldadores, pero este sitio no cuenta con la mejor ubicación e interfiere con el transporte de personas y materiales a través de la planta, además no se tienen en

cuenta las condiciones de seguridad requeridas para este proceso (cubículos, separadores o telas que cubran el arco que genera la máquina).

Por último se recomienda que en caso de establecer las áreas de pulido y soldadura, estas deben estar una junto a la otra, puesto que son procesos que se complementan además se ahorraría mucho tiempo en búsqueda y transporte de piezas.

7.4.4 Delimitar áreas de abastecimiento y de productos terminados para las diferentes máquinas. Otro de los problemas relacionados con el desorden y que repercute en el tiempo de la fabricación de productos es la falta de áreas delimitadas o “marcadas” para el abastecimiento de las máquinas y para el despacho de productos terminados, por lo cual el operario encargado del despacho pierde tiempo preguntando y buscando los productos terminados, también en muchos de los casos el operario fabrica el producto con el material que tiene más cerca descuidando y retrasando la fabricación de productos que podrían ser más urgentes.

Figura 42. Imagen de productos terminados acumulados



Como se observa en la **Figura 42** los productos terminados son colocados en desorden alrededor de los diferentes puestos de trabajo, lo cual dificulta el transporte alrededor de la planta y dificulta el despacho.

Figura 43. Imagen material de producción en espera



En la **Figura 43** se observan productos en proceso que vienen de otros puestos de trabajo esperando a ser procesados en la roladora; una de las consecuencias de acumular trabajo en proceso es el desorden y la pérdida de priorización de los productos que van a ser fabricados.

Figura 44. Imagen de productos terminado a un lado de la máquina



Por otra parte cuando se terminan las piezas, éstas son colocadas a un lado del puesto de trabajo, lo cual ocupa espacio, genera desorden y en algunos casos puede representar un riesgo para los trabajadores.

7.4.5 Establecer un orden para los diferentes tipos de láminas. Uno de los más grandes problemas al interior de la planta es el desorden ya que gracias a este se generan pérdidas de tiempo buscando, preparando y transportando la materia prima a los diferentes tipos de proceso, además genera confusión y dificultades al momento de realizar el inventario de láminas, lo cual en muchos casos hace que se pidan grandes cantidades de láminas que ya se tienen o por el contrario no se hace el pedido de las láminas a tiempo lo cual retarda algunos trabajos afectando el tiempo de entrega repercutiendo en algunas ocasiones en el incumplimiento de pedidos. Perjudicando la imagen y la credibilidad de la empresa.

Figura 45. Imagen de arrumes de láminas



Otro problema que se genera al no tener organizadas las láminas es el exceso de arrumes de varias láminas ya sean del mismo o de diferente formato y espesor; con estos arrumes se genera una de las situaciones que más tiempo representa para todos los procesos productivos el “el levantamiento de lámina” que consiste en extraer el material de un arrume pero no se extrae de la parte superior sino de la mitad o de abajo, este proceso además de requerir el puente grúa también requiere a más de un trabajador y según los diferentes tiempos cronometrados en el estudio de tiempos puede tardar hasta **veinticinco (25) minutos**.

Figura 46. Imagen de varios formatos de lámina apilados



Además un factor que no se puede cuantificar en términos de tiempo pero si en términos de calidad es el hecho de que cuando llegan arrumes de láminas nuevas se colocan encima de las que ya se tenían lo cual retrasa por más tiempo su uso y en ocasiones permite el deterioro del material.

Es importante aclarar que la calidad del material es un factor que agrega valor al producto y es percibido por el cliente, además es una variable por la que se está dispuesta a pagar más o a preferir una empresa por encima de otras.

Figura 47. Imagen de arrume de láminas con objetos encima



Otra situación que se presenta en el estudio de tiempos es que al no tener sitios para la espera de material ni para los productos terminados, los trabajadores colocan estos encima de las láminas lo cual genera tiempos improductivos al momento de tomar las láminas de los estantes.

7.4.6 Establecer un orden para los retales que pueden ser utilizados en los diferentes procesos productivos. Pese a que los trabajadores intentan mantener organizados sus puestos de trabajo sin las herramientas y el tiempo correspondiente resulta una tarea muy difícil; en el caso de los retales estos se “acomodan” en estanterías cerca a las máquinas, pero no se tiene un orden establecido ni identificado.

Figura 48. Imagen de retales utilizados por el pantógrafo CNC



En el caso de los pantógrafos y las cizallas los trabajadores acomodan en estanterías los retales que consideran pueden utilizar en trabajos posteriores.

Figura 49. Imagen de retales utilizados en el pantógrafo óptico



7.4.7 Evitar obstaculizar los pasillos y el transporte a través de la planta. En algunas situaciones debido al gran tamaño o peso de los materiales y/o productos terminados estos son puestos en cualquier lugar de la planta se obstaculizan varios lugares de la planta, lo cual genera desorden además de posibles accidentes, de igual manera afecta el recorrido de materiales a través de la planta y genera tiempos improductivos para los productos terminados en espera.

Figura 50. Imagen de pasillo de la planta



7.4.8 Colocar cerca a las máquinas arrumes con las láminas que utilizan. Como se ha mencionado al principio de las propuestas de mejora el factor que representa más tiempo para los procesos productivos de la empresa es el alistamiento en especial el transporte de láminas; por este motivo se debe buscar la manera de reducir este tiempo al mínimo valor posible, el primer paso es el orden de los materiales y de los lugares en donde se almacena (una de las propuestas anteriores) y el segundo paso sería ubicar arrumes o depósitos con los materiales que utiliza cada una de las máquinas en el lugar más cercano posible, esto hará que se disminuya el recorrido necesario para el transporte de dichos materiales y por ende el tiempo de fabricación.

Figura 51. Imagen de arrumes de láminas existentes



Un ejemplo de lo que esta mejora podría representar para los procesos productivos de la empresa se ve reflejado en la cortadora de acero, ya que los ejes que son utilizados por esta máquina se encuentran ubicados diagonalmente a la máquina además el muro que se encuentra atrás del estante dificulta su extracción para ingresar el eje a la máquina; este problema se podría evitar si el estante estuviera en el frente de la máquina ya que solo se debería realizar un solo movimiento horizontal para ingresar el material a la máquina y se evitaría mucho tiempo y esfuerzo en el transporte de los materiales.

Figura 52. Imagen de la ubicación de los ejes de acero



7.4.9 Disminuir el uso del puente grúa. Una de las herramientas que está diseñada para disminuir al máximo el esfuerzo de los trabajadores y el tiempo de transporte de materiales es el puente grúa; el cual es utilizado por la mayoría de los trabajadores en la empresa; por lo cual se generan inconvenientes cuando se

necesita transportar materiales y/o productos a través de la planta y esta herramienta se encuentra ocupada por otro trabajador.

Esta propuesta consiste en clasificar que es estrictamente necesario transportar con el puente (debido al peso y/o tamaño) y que no lo es, para que de esta manera con otras herramientas se puedan transportar.

Figura 53. Imagen del puente grúa



Como se observa en la **Figura 54** el puente grúa se utiliza incluso para llevar la viruta y los desechos del pantógrafo hacia el lugar de despacho y mientras se realiza esta operación el puente puede estar siendo requerido para algún proceso productivo.

Figura 54. Imagen del transporte de chatarra a lugar de despacho



Otro de los usos que se le da al puente grúa es el de transportar piezas pequeñas aunque pesadas a través de la planta, lo cual ocupa esta herramienta por un periodo relativamente largo y además genera riesgos para los trabajadores.

Figura 55. Imagen del transporte de varias piezas pequeñas a lugar de despacho



El transportar piezas pequeñas o retales a través de la planta genera muchos tiempos improductivos debido a que la velocidad con que se realizan estos desplazamientos es mucho menor a la velocidad con la que se transportan las láminas (debido a la inestabilidad por falta de soportes adecuados).

Figura 56. Imagen de carreta para el transporte de retales o piezas pequeñas



Una de las herramientas que se podría utilizar para disminuir el uso del puente grúa es una carreta con la que se cuenta en la planta, pero debido al desorden y a la dificultad de movilidad a través de la planta los trabajadores prefieren el uso del

puede grúa; entonces para poder sacarle provecho a esta herramienta se deben implementar primero varias de las propuestas de mejora anteriores.

Figura 57. Imagen de montacargas manual



Una de las herramientas con las que se cuenta en la planta es un montacargas manual pero lastimosamente nunca es usado y como ocurre con la carreta es una herramienta que sería muy útil para evitar el uso del puente grúa pero debido al desorden y a las dificultades de movilidad es muy difícil sacarle el provecho que debería tener realmente.

7.4.10 Uso de montacargas hidráulico. Un aspecto que se puede tener en cuenta para esta propuesta de mejora es el de adquirir un vehículo que permita transportar materiales y piezas pesadas (al menos una tonelada) de manera fácil y rápida a través de la planta, en primera instancia la mejor alternativa que se podría considerar es la de adquirir un montacargas hidráulico debido a la practicidad de este tipo de vehículo (inclusive existe otros medios de transporte que tienen el servicio de grúa); pero si por algún motivo (económico, espacio, etc) esta opción no es viable, se podría considerar el diseño y fabricación de un vehículo transportador fabricado en láminas que permita el desplazamiento de materiales, productos en proceso y piezas terminadas en la planta, esta opción es viable debido a que en la planta se tienen los materiales, los trabajadores y herramientas necesarias para fabricarlo.

7.4.11 Evitar transportes innecesarios de materiales y/o productos. Otra situación que se puede analizar en el estudio de tiempos es que durante los diferentes procesos productivos se pierde bastante tiempo en el transporte de productos en proceso y de piezas terminadas; es válido resaltar que estos valores de tiempo parecen pocos relevantes si se analizan para una sola pieza, pero si lo

analizamos para grandes cantidades de piezas los tiempos improductivos que se generan y los recursos (trabajadores) que se invierten en esto se obtienen valores considerables.

Figura 58. Imagen de la chatarra de la planta



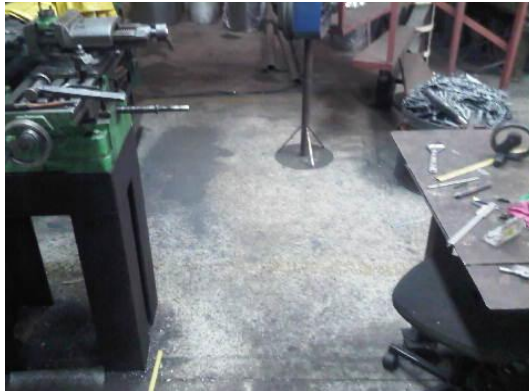
Como se observa en la **Figura 58** la acumulación y el desorden de la chatarra es un factor que se podría evitar si se tiene un orden y una programación para su recolección además cuando el depósito o caneca se llena se comienzan a acumular los desperdicios a un lado y esto además de generar más desorden también genera tiempos improductivos al momento de la recolección.

Figura 59. Imagen de productos en proceso



Al igual que con la chatarra de la planta con los productos en proceso y las piezas terminadas se generan tiempos y esfuerzos improductivos como lo son los transportes innecesarios, la acumulación de piezas en el suelo (para luego ser levantadas) y la búsqueda de piezas en el desorden (al no tener zonas delimitadas).

Figura 60. Imagen de puesto para el perforado



Una de las formas de evitar los transportes innecesarios es acomodar las mesas en donde son colocadas las piezas lo más cerca posible de la máquina, además establecer en todos los puestos de trabajo estantes para que las piezas pequeñas no sean colocadas en el piso, puesto que el esfuerzo y el tiempo que pierden los trabajadores al recogerlas del suelo puede ser invertidos en actividades que generen valor.

7.4.12 Utilizar al máximo los espacios. Pese a que en la planta no se cuenta con mucho espacio para los diferentes materiales y procesos (siendo este uno de los factores de desorden), existen espacios en la planta que son mal aprovechados y que se encuentran mal distribuidos, sobre todo en los alrededores del pantógrafo y en la parte de atrás de la planta; por ejemplo en la parte de atrás del pantógrafo se tiene un escritorio y un depósito de chatarra los cuales ocupan espacio y pueden ser ubicados en otros lugares, dicho espacio podría ser utilizado para un arrume de láminas con formatos que le sirvan a las máquinas que se encuentran cerca reduciendo el tiempo de transporte y búsqueda de materia prima por parte de los trabajadores.

Figura 61. Imagen de la zona trasera del pantógrafo



7.4.13 Establecer el tipo y lugar de herramientas utilizadas en cada puesto de trabajo. Uno de los movimientos improductivos de cualquier proceso productivo es la búsqueda de materiales, por lo cual se deben tratar de evitar al máximo mediante el orden y la estandarización del lugar donde se encuentran las herramientas en cada puesto de trabajo, ya que el tiempo que el trabajador pierde buscando sus herramientas puede ser empleado en el proceso productivo (agregando valor).

Figura 62. Imagen de herramientas en los puestos de trabajo



7.4.14 Realizar mantenimiento y mejorar condiciones de infraestructura. Las condiciones de infraestructura son muy importante dentro de los procesos productivos de cualquier planta y si no son tenidos en cuenta pueden afectar en términos de tiempo y dinero a la empresa; por ejemplo en época de invierno se presentan filtraciones en el techo las cuales pueden afectar no solo a los materiales de trabajo sino también a las máquinas, perjudicando la calidad de los productos y los tiempos de entrega.

Figura 63. Imagen de filtración del techo en la zona de corte con pantógrafo



De acuerdo a la información disponible en los anexos se realizara el análisis del porcentaje de tiempo que podría ahorrar la empresa en lo referente al desplazamiento de materiales hacia los diferentes puestos de trabajo. Se debe tener en cuenta que pese a que los diagramas de flujo no fueron realizados a escala, estos tienen escritos las medidas que tienen en la realidad los puestos de trabajo y las dimensiones de la planta, por lo cual con estos datos se puede obtener una estimación de la distancia y el recorrido real que realizan los operarios.

A continuación se realizan los cálculos del posible ahorro de tiempo para los puestos de trabajo que se encuentran retirados de los puntos de abastecimiento de lámina, por lo cual de acuerdo a las propuestas de mejora mencionadas anteriormente se debe tratar de colocar lo más cerca posible arrumes de lámina en cada uno de los puestos de trabajo; por cuestiones de practicidad se establece que la distancia que debe existir entre el arrume y el puesto de trabajo es de 1 metro. Por otra parte de acuerdo a repetidas mediciones se estableció que la velocidad promedio con que se desplaza un operario mientras transporta materiales a través de la planta es de 0,4 metros/segundo.

De acuerdo al Anexo B en el puesto de trabajo de la cizalla 1 se tienen dos zonas de abastecimiento, la zona 1 cumple con el requisito de distancia de 1 metro, pero la zona 1A de acuerdo a las distancias representadas en el diagrama se encuentra a 3,5 metros de distancia del puesto de trabajo, por lo cual al dividir la distancia (3,5 metros) sobre la velocidad promedio (0,4 metros/segundo) obtenemos un tiempo de 9 segundos que al compararlo con el tiempo de 3 segundos (que se obtiene de realizar el mismo calculo pero con 1 metro de distancia en lugar de los 3,5 metros) nos representa una disminución del 200%

$$\%V = \frac{T1 - T0}{T0}$$

Reemplazando los valores mencionados se obtiene:

$$\%V = \frac{9 \text{ segundos} - 3 \text{ segundos}}{3 \text{ segundos}} = 2$$

De acuerdo al anexo C en la cizalla dos se encuentra aproximadamente a 12 metros de distancia del punto de abastecimiento 1A según el análisis del recorrido que debe realizar el operario; por lo cual al dividir el recorrido que debe realizar sobre la velocidad promedio se obtiene un tiempo de 30 segundos.

$$\%V = \frac{30 \text{ segundos} - 3 \text{ segundos}}{3 \text{ segundos}} = 9$$

Por lo anterior se puede afirmar que al evitar recorridos innecesarios se podría reducir el tiempo que gastan los operarios inclusive 900%.

De acuerdo al anexo E la dobladora convencional tiene los arrumes muy cerca a la maquina, además en la mayoría de los casos los materiales que salen del corte con

cizalla son transportados a los puestos de trabajo de los dobladores a una distancia adecuada (aproximadamente 1 metro). Por el contrario de acuerdo al anexo G la dobladora CNC cuenta con una zona de abastecimiento 1 que se encuentra aproximadamente a 5 metros del puesto de trabajo, por lo cual el tiempo de transporte de materiales a esta distancia tarda aproximadamente 13 segundos, con lo que se obtiene:

$$\%V = \frac{13 \text{ segundos} - 3 \text{ segundos}}{3 \text{ segundos}} = 3.33$$

En el caso de las roladoras según el anexo L los arrumes de láminas y los productos en proceso que llegan son colocados cerca a los puestos de trabajo, por lo cual no se hace necesario el análisis de indicadores para el transporte de materiales.

Para los taladros de acuerdo al anexo N la zona 1 se encuentra a una distancia adecuada, mientras que las piezas que son trasladadas desde el pantógrafo óptico (zona 1A) se encuentran aproximadamente a 19 metros de distancia, por lo cual al convertir esta distancia a tiempo se obtiene un valor de aproximadamente 48 segundos pero debido a que los productos llegan desde otro puesto de trabajo no se puede obtener un indicador ya que para reducir distancia habría que realizar un nuevo diseño de planta.

Por otra parte según el anexo Q para el puesto de trabajo del pantógrafo CNC se tienen dos zonas de almacenamiento de lámina, en el caso de la zona 1 se realiza un desplazamiento de aproximadamente 7 metros, generándose un tiempo de 18 segundos, por lo cual el porcentaje que se ahorraría al colocar un arrume a 1 metro de distancia sería de 500% el cual se obtiene del siguiente cálculo:

$$\%V = \frac{18 \text{ segundos} - 3 \text{ segundos}}{3 \text{ segundos}} = 5$$

Para la zona 1A se realiza un recorrido de aproximadamente 12 metros, que representan 38 segundos en términos de tiempo, al igual que en el caso de la cizalla el porcentaje de tiempo que se ahorraría la empresa en términos de transporte sería un valor elevado, a continuación se muestra el cálculo realizado.

$$\%V = \frac{30 \text{ segundos} - 3 \text{ segundos}}{3 \text{ segundos}} = 9$$

Por último de acuerdo al anexo S en el caso del pantógrafo óptico la zona 1 se encuentra a la distancia adecuada, mientras que la zona 1A se encuentra a 6 metros de distancia aproximadamente, lo cual representa un tiempo de transporte de 15 segundos, por lo cual se obtiene un indicador de ahorro de tiempo de 400% de acuerdo al siguiente cálculo:

$$\%V = \frac{15 \text{ segundos} - 3 \text{ segundos}}{3 \text{ segundos}} = 4$$

8. CONCLUSIONES

- En el diagnostico del proceso productivo se determino que la mayor pérdida de tiempo se genera por el transporte de materiales a los puestos de trabajo, puesto que las distancias y el peso de la materia prima retrasan el trabajo y generan en los trabajadores esfuerzos innecesarios y paros hasta de 30 minutos, con el análisis realizado se estimo que se puede reducir hasta en un 900% de tiempo en transporte innecesario.
- Con los tiempos de proceso establecidos en los diferentes cuadros de tiempo se puede programar la producción evitando el desorden en la fabricación de las piezas y el incumplimiento en la entrega de los productos terminados a los clientes.
- Al establecer las diferencias en cuanto a tiempo y procedimiento de los casos especiales que se presentan en la fabricación de piezas, la empresa Láminas y Cortes Industriales puede reclasificar el precio de venta de algunos productos evitando pérdidas de dinero y esfuerzo.
- Con las propuestas de mejora presentadas en este proyecto la empresa Láminas y Cortes Industriales podría disminuir los tiempos de producción, mejorar el flujo de materiales y productos a través de la planta, reorganizar zonas de producción de una manera más adecuada con la finalidad de evitar pérdidas de tiempo y desorden en la fabricación de piezas.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la empresa lleve el control del orden en cada uno de los puestos de trabajo, verificando las condiciones de aseo y la cantidad de material en espera, productos en proceso y productos terminados para evitar acumulación de los mismos.
- Realizar jornadas de aseo y limpieza en cada uno de los puestos de trabajo, pasillos y lugares de almacenamiento de lámina.
- Colocar arrumes de lámina cerca a cada uno de los puestos de trabajo con los formatos que sean utilizados por las máquinas para evitar el transporte innecesarios, estos arrumes deben ser abastecidos periódicamente.
- Sensibilizar a los trabajadores sobre la importancia del orden y sobre el costo en términos de tiempo y dinero que tienen los transportes innecesarios durante los procesos productivos.

BIBLIOGRAFÍA

APPOLD, H; FEILER, K; REINHARD, A; SCHMIDT, P; Tecnología de los metales. España: Editorial Reverté, 1985.

BENDIX, Friedrich; SAENZ DE MAGAROLA, Carlos; Alrededor del trabajo de los metales. España: Editorial Reverté.

CARDONA Londoño, Luz Natalia; SANZ, Juan Diego; Proyecto propuesta de mejora de métodos y determinación de los tiempos estándar de producción en la empresa G&L Ingenieros LTDA; Pereira, Colombia: Universidad tecnológica de Pereira, 2007.

ECHEVERRY Quintero, Vanessa; Estudio de métodos y tiempos para la elaboración e implementación de diagramas de procesos ajustados efectivamente a la productividad y a los estándares exigidos para la empresa manufacturera de refrigeradores Fridval LTDA; Santiago de Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, 2008.

GARCIA Criollo, Roberto; Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos. Mc Graw-Hill. 1998. México. 166p.

- -----Estudio del trabajo: Medición del trabajo. Mc Graw-Hill. 1998. México. 219p.

GONZÁLEZ Escobar, Diego Fernando; Estandarización de procesos de fábrica y elaboración de indicadores de producción en la empresa ITC ingeniería de plásticos industriales; Santiago de Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, 2009.

GRIMALDI, John V; NIEBEL, Benjamín. Manual de seguridad industrial y métodos de trabajo. Editorial alfaomega. Segunda versión. 1991. México.

KALPAKJIAN, Serope; SCHMID, Steven R; Manufacturing engineering and technology. Prentice Hall IncFourthedition.Uppersaddleriver, New Jersey, USA. 2001.(Citado el 14 de Septiembre de 2011).

LOBJOIS, CH; Transformación de la chapa: Trazado, corte curvado y plegado. España: Ediciones CEAC técnico mecánica, 2004.

MOLERA Solá, Pere; Metales resistentes a la corrosión. España: Editorial Maracoba. 1990.

NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris; Ingeniería industrial métodos, Estándares y diseño del trabajo. México D.F: Alfaomega, 2001.

- -----Manual de laboratorio para ingeniería industrial: estudio de tiempos y movimientos. Editorial, alfaomega: novena edición. 1970. Bogotá, D. 189 p.

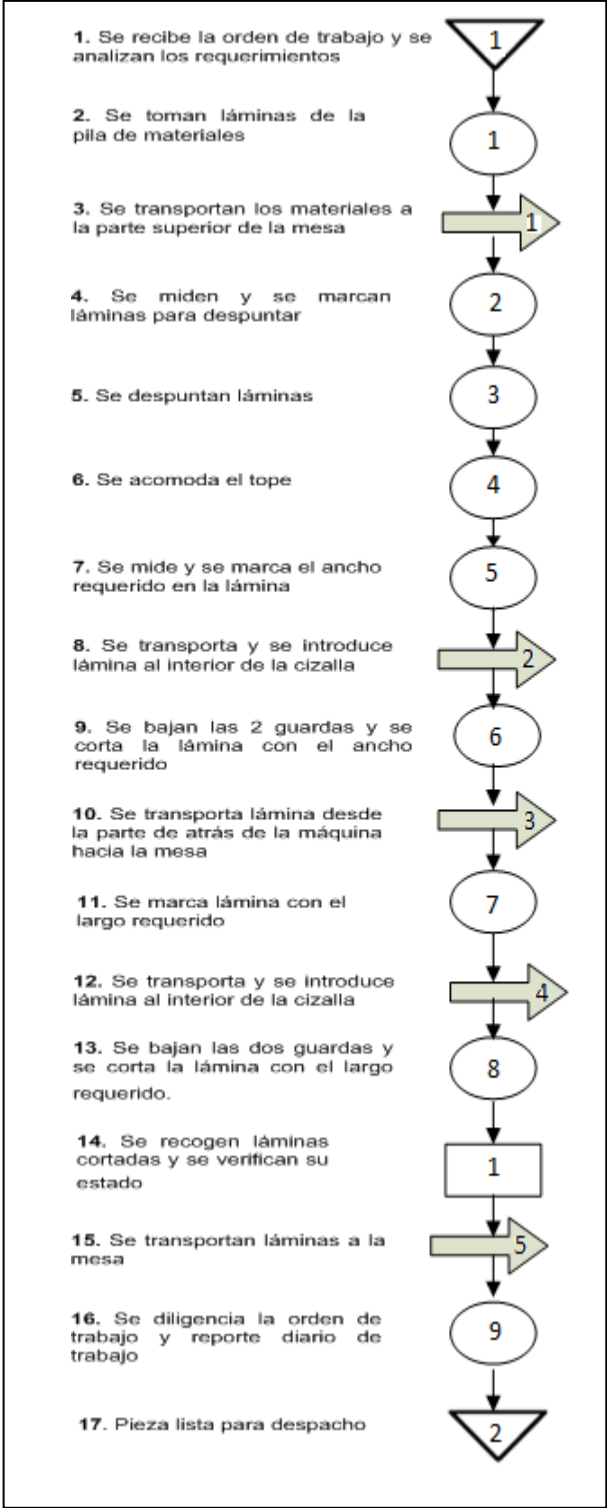
OIT. Oficina Internacional de Trabajo; Introducción al estudio del trabajo. Editorial Limusa: cuarta edición. 2001. México. 522 p.

OSPINA Castañeda, Camilo; Notas de clase cinco: Arrugar plegar doblar. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2007.

SÁNCHEZ Ocampo, Vicente Salomón; Mejoramiento de la línea de producción de clavos negros de una planta procesadora de alambres de acero; Guayaquil, Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral, 2002.

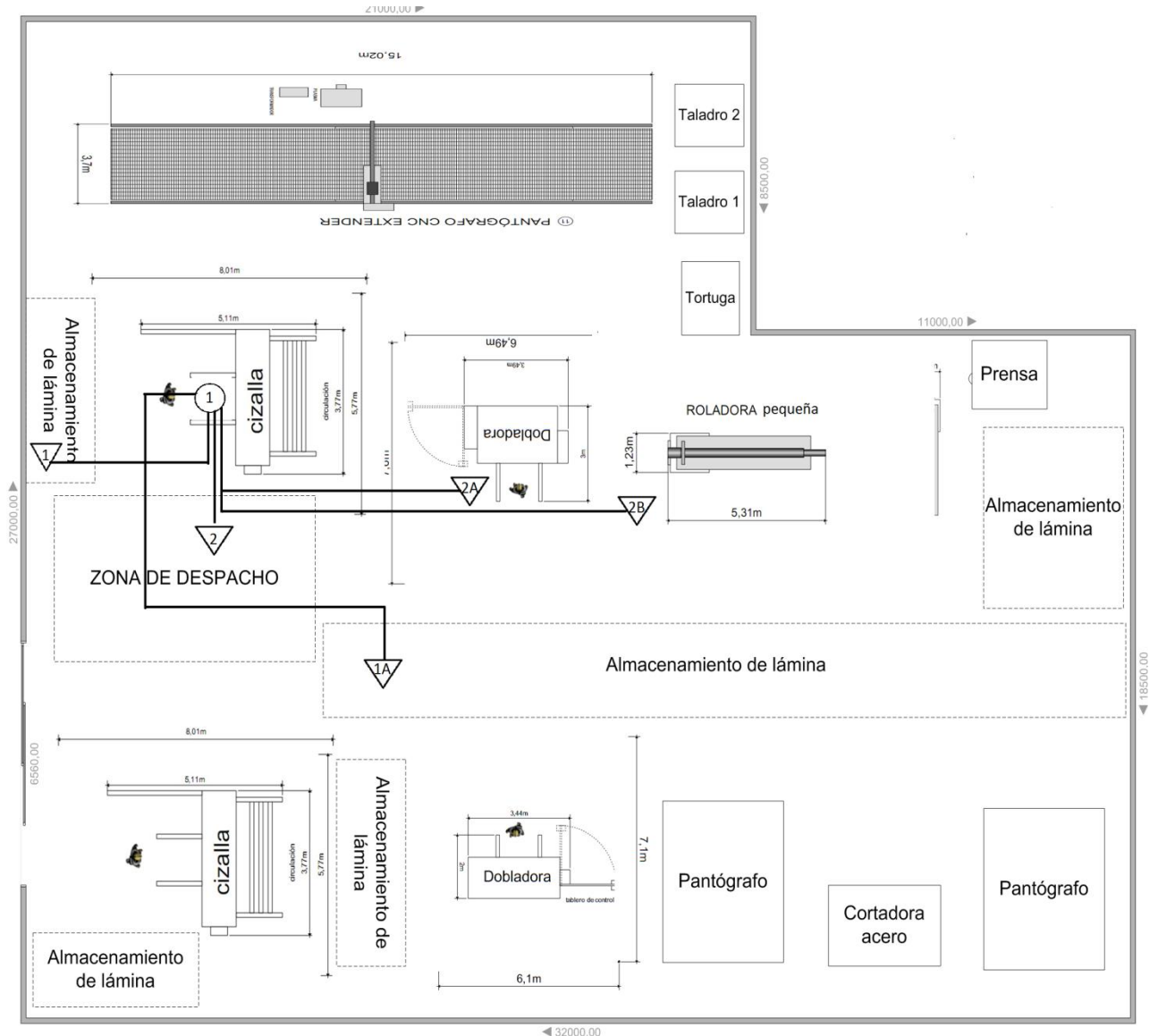
ANEXOS

Anexo A. Cursograma analítico tipo material para el corte con cizalla



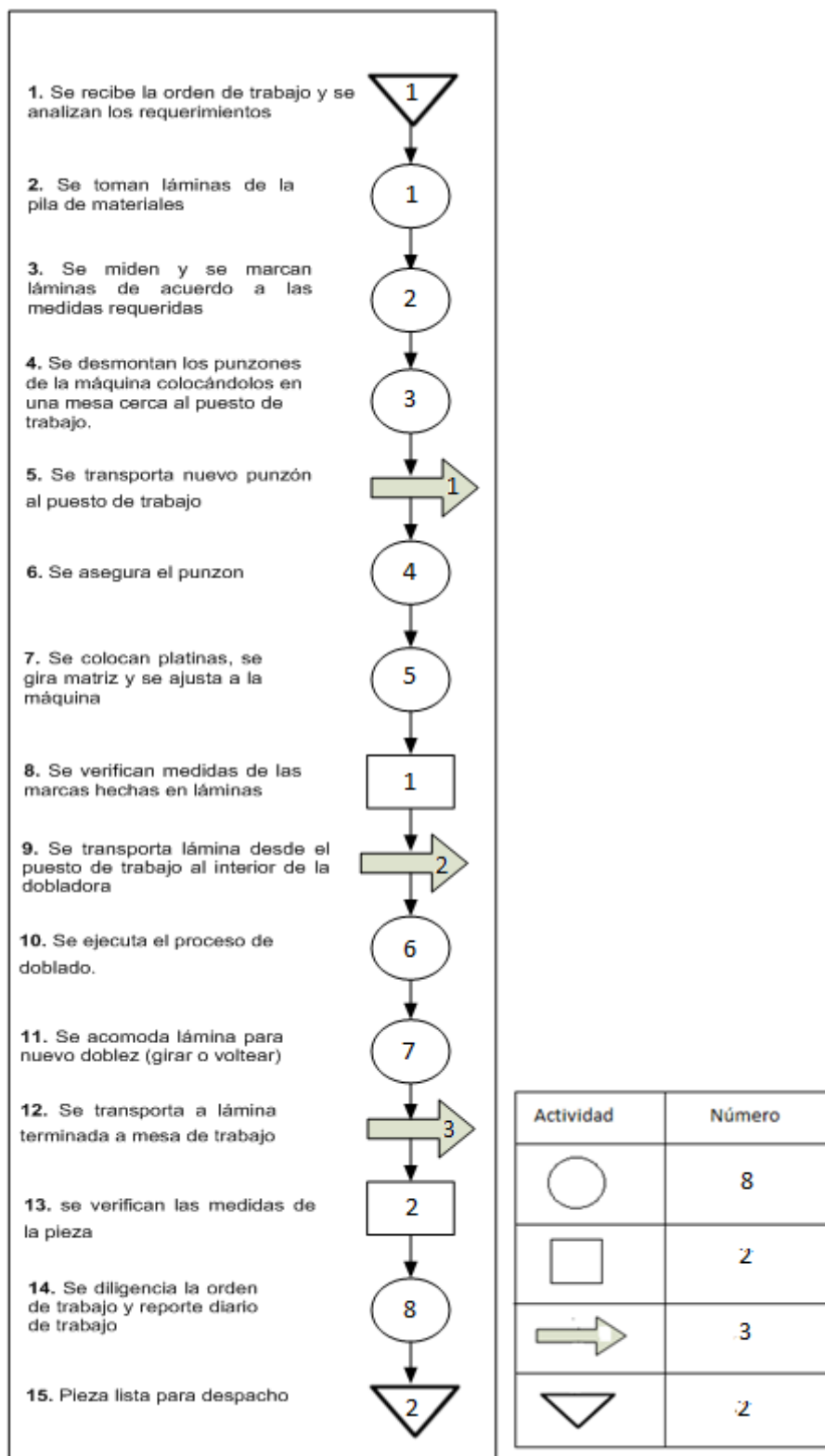
[illegible]

Anexo C, Diagrama de flujo cizalla 2

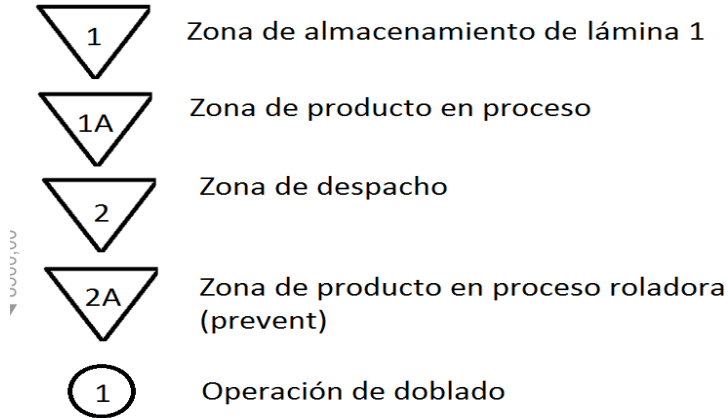
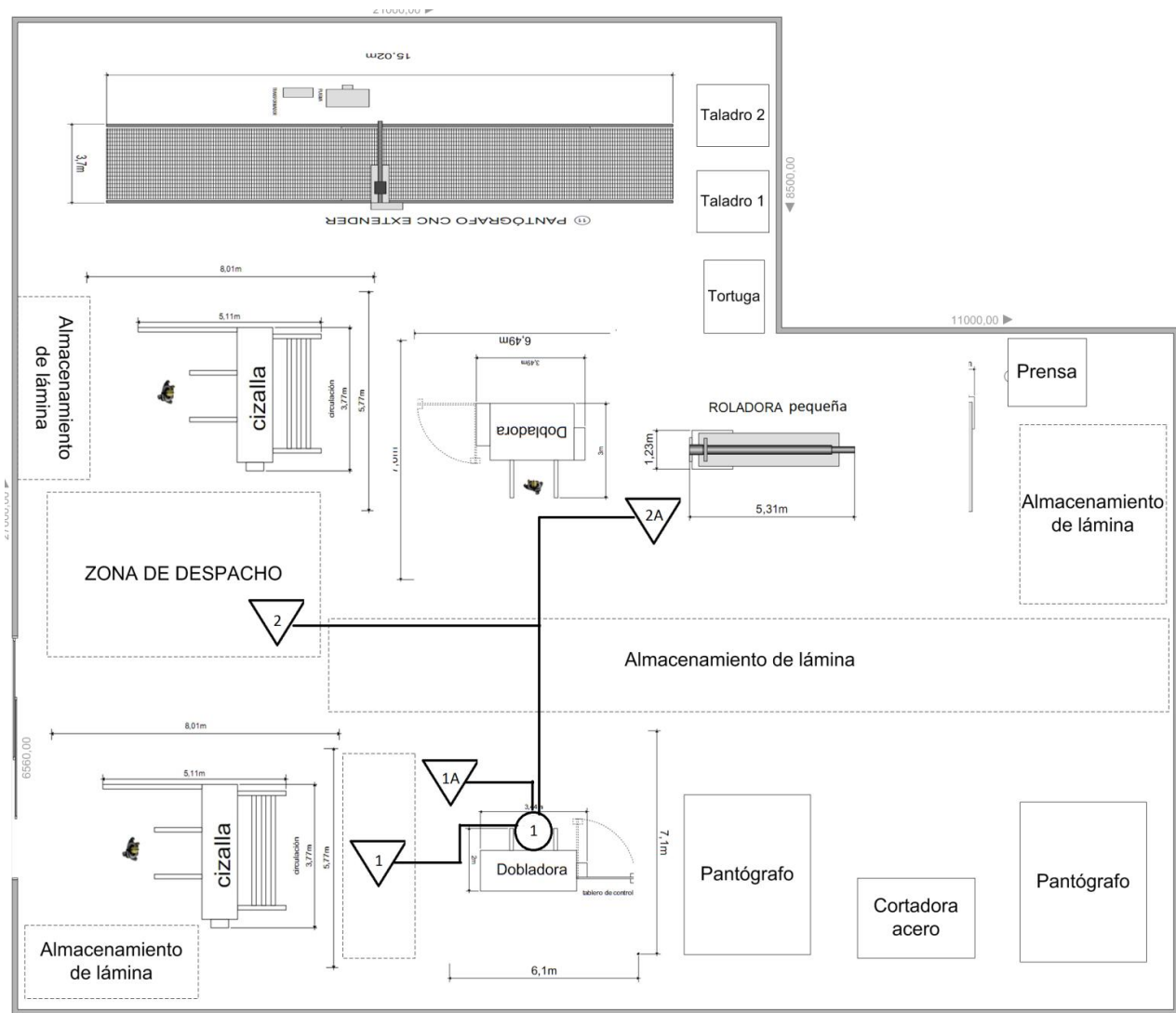


- 1 Zona de almacenamiento de lámina 1
- 1A Zona de almacenamiento de lámina 2
- 2 Zona de despacho de productos terminados
- 2A Zona de producto en proceso para la dobladora CNC
- 2B Zona de producto en proceso para la roladora
- 1 Operación de corte

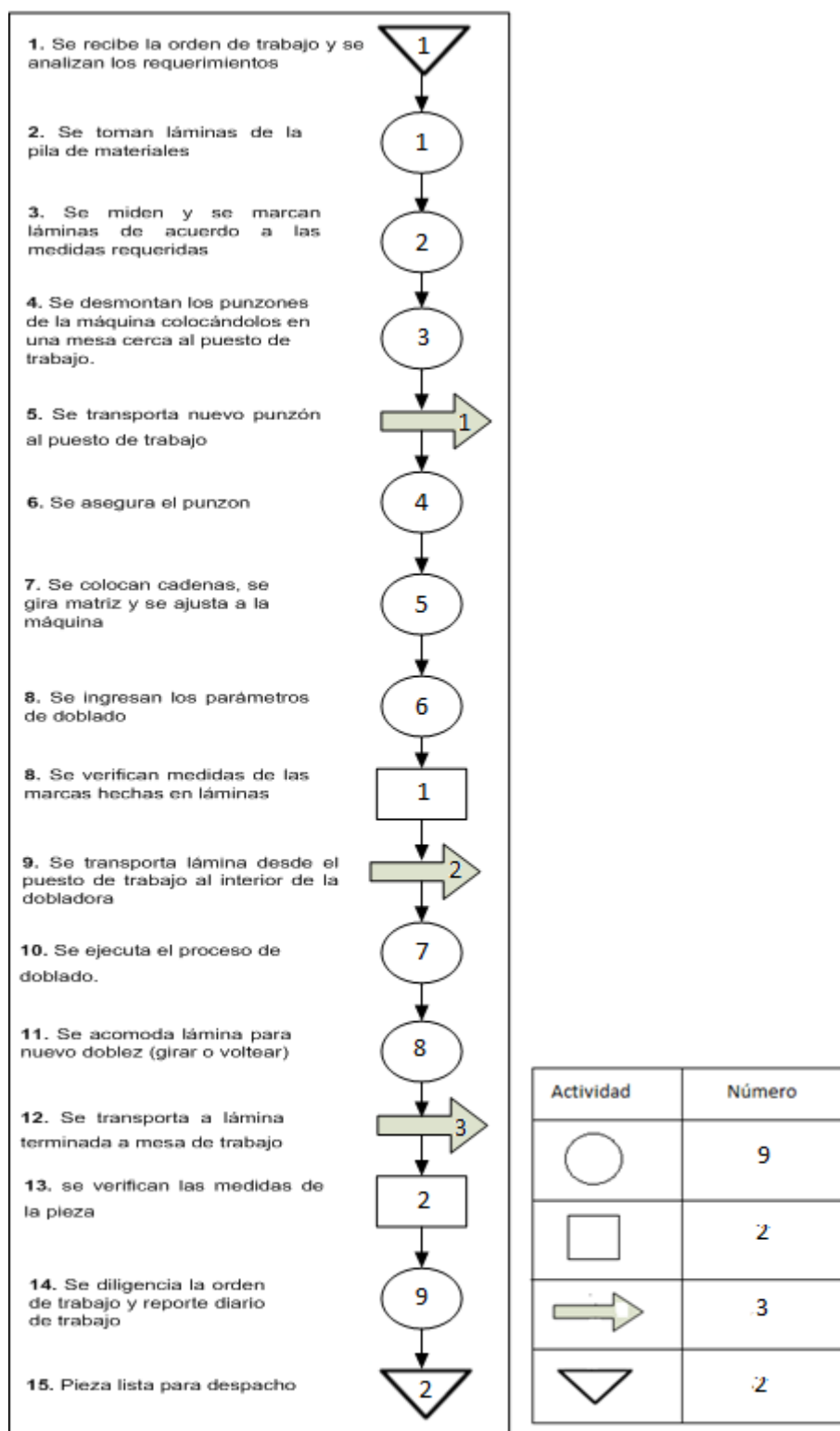
Anexo D. Cursograma analítico tipo material para la dobladora convencional



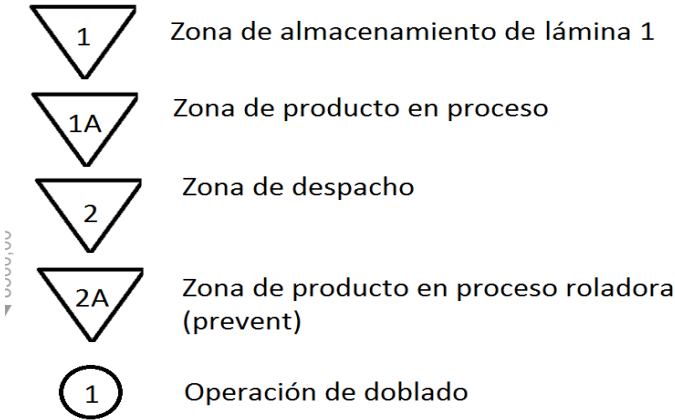
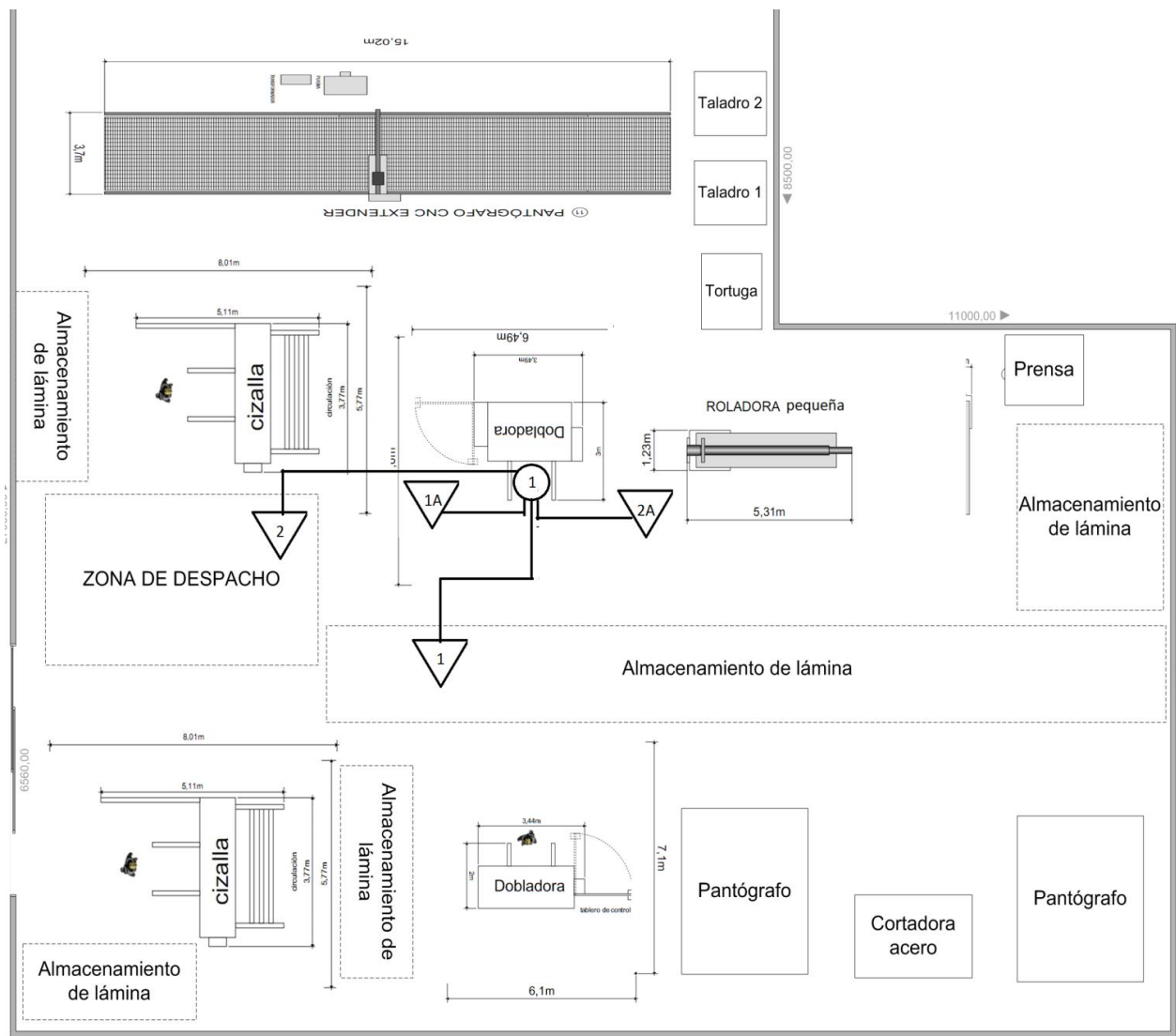
Anexo E, Diagrama de flujo dobladora convencional



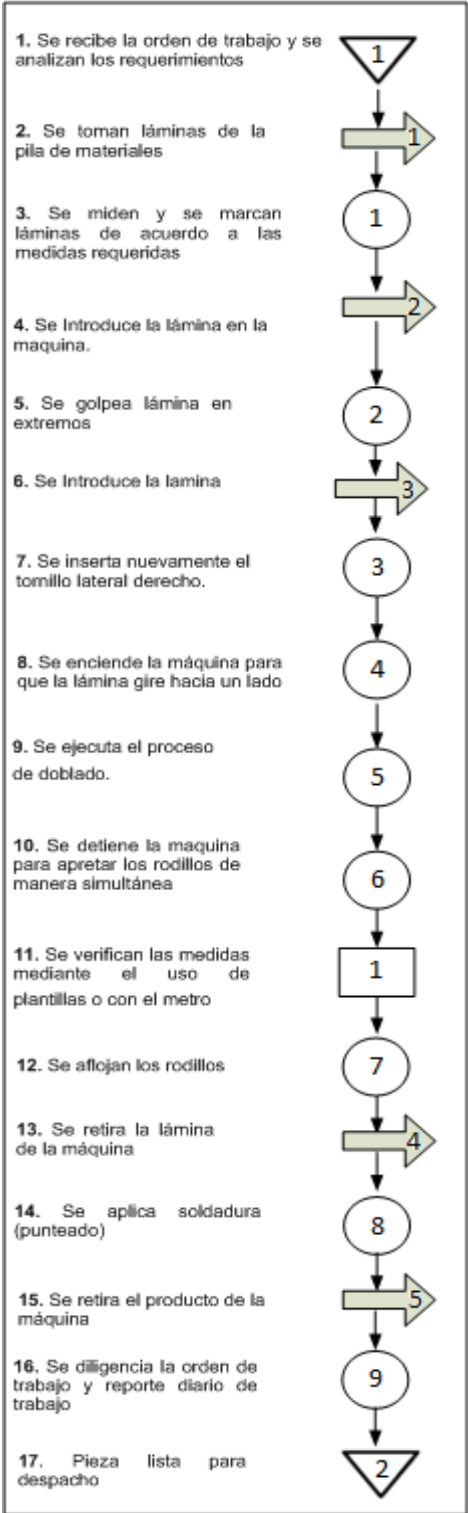
Anexo F, Cursograma analítico tipo material para la dobladora CNC







Anexo G, Diagrama de flujo para la dobladora CNC

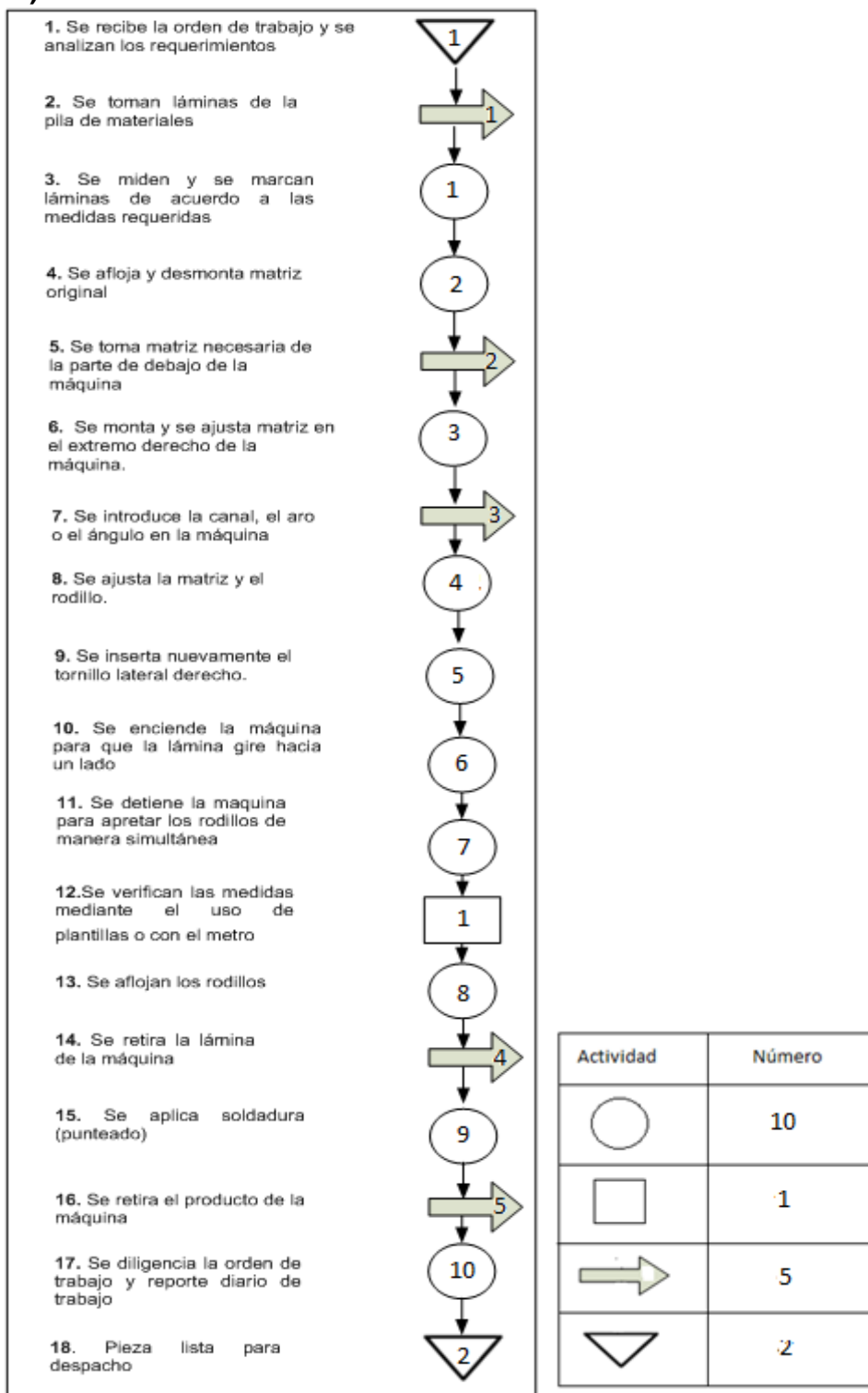


Anexo H. Cursograma analítico tipo material para la roladora grande (alistamiento convencional)

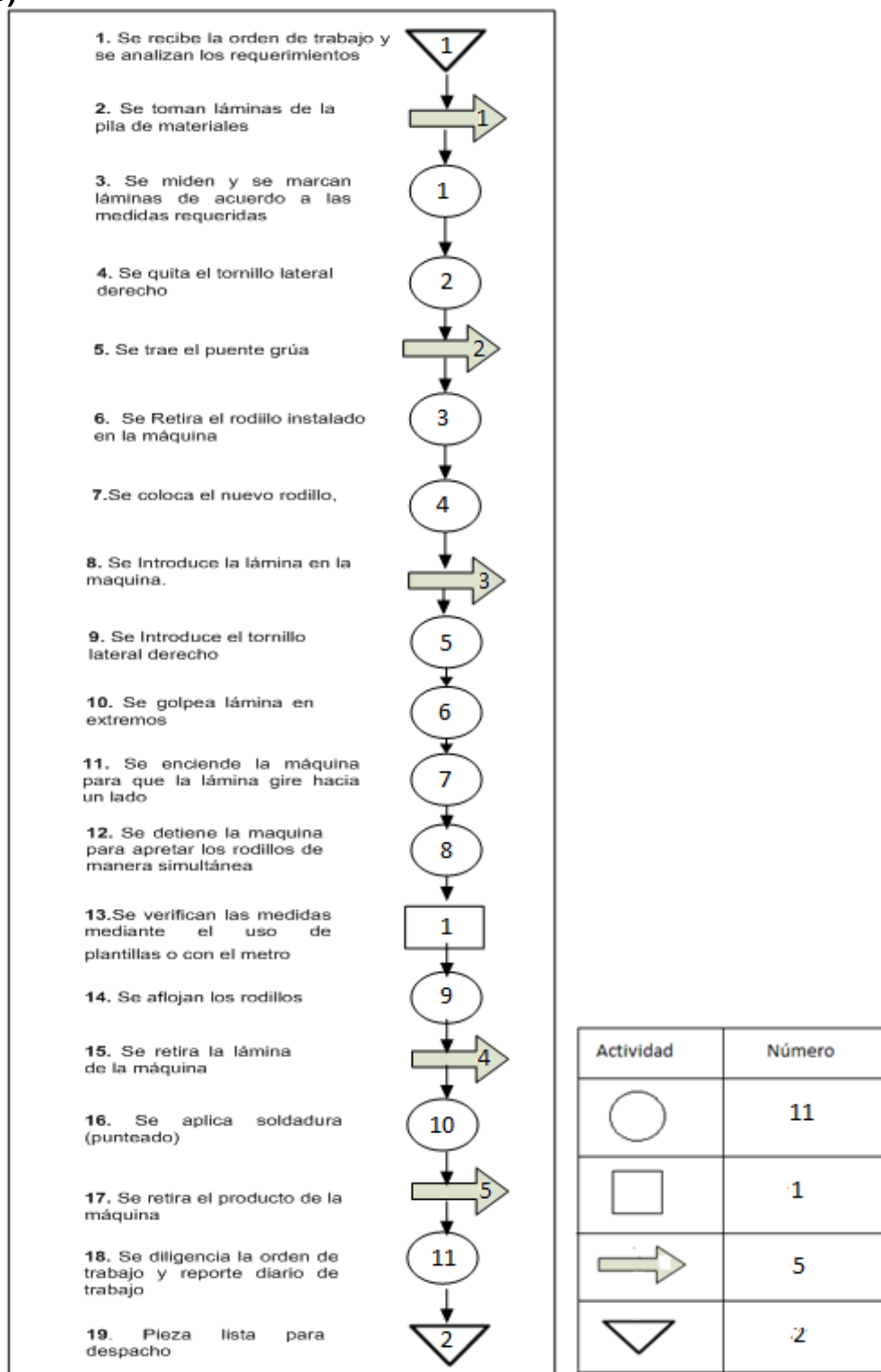


Actividad	Número
	9
	1
	5
	2

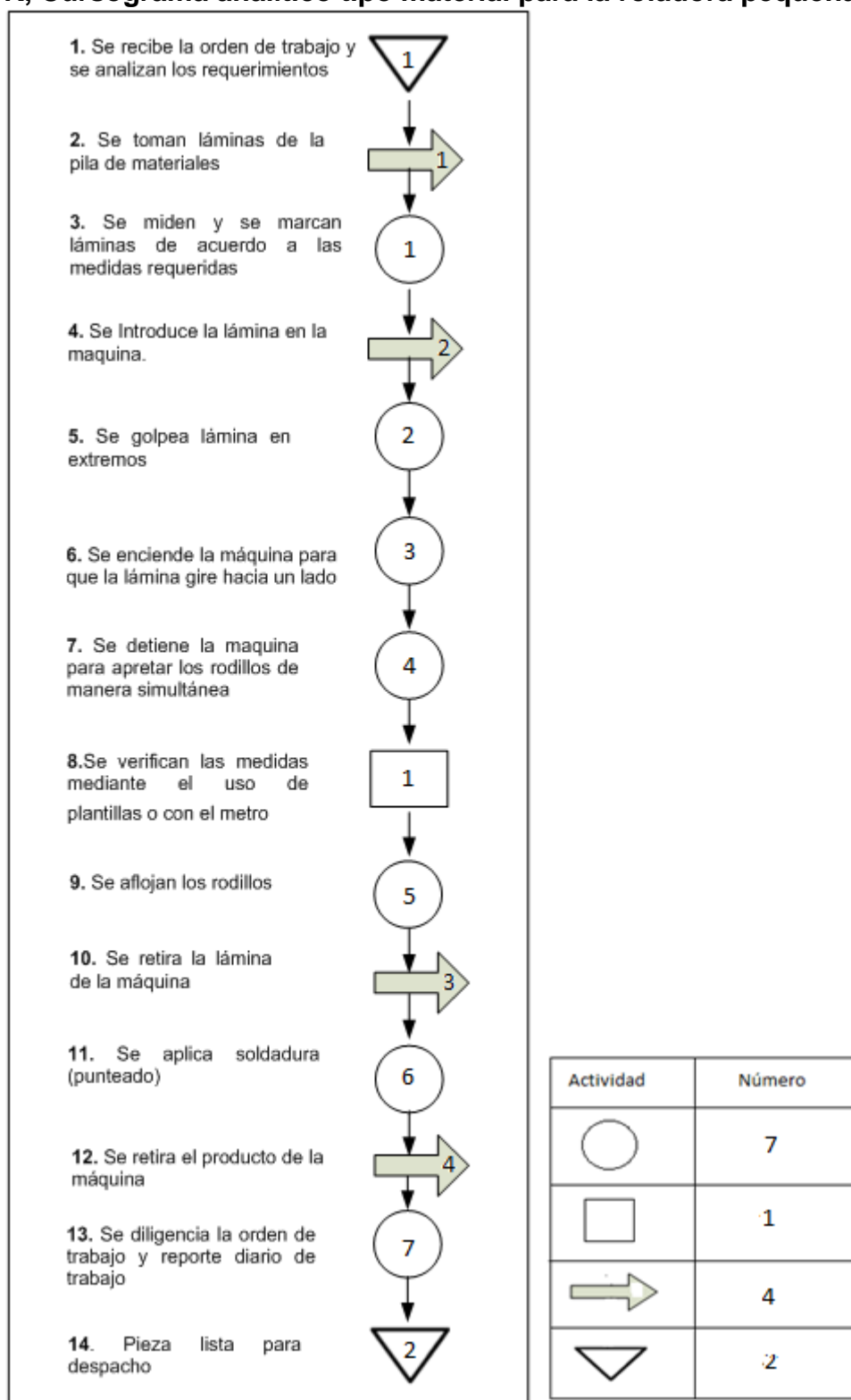
Anexo I. Corsograma analítico tipo material para la roladora grande (cambio de matriz)



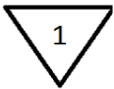
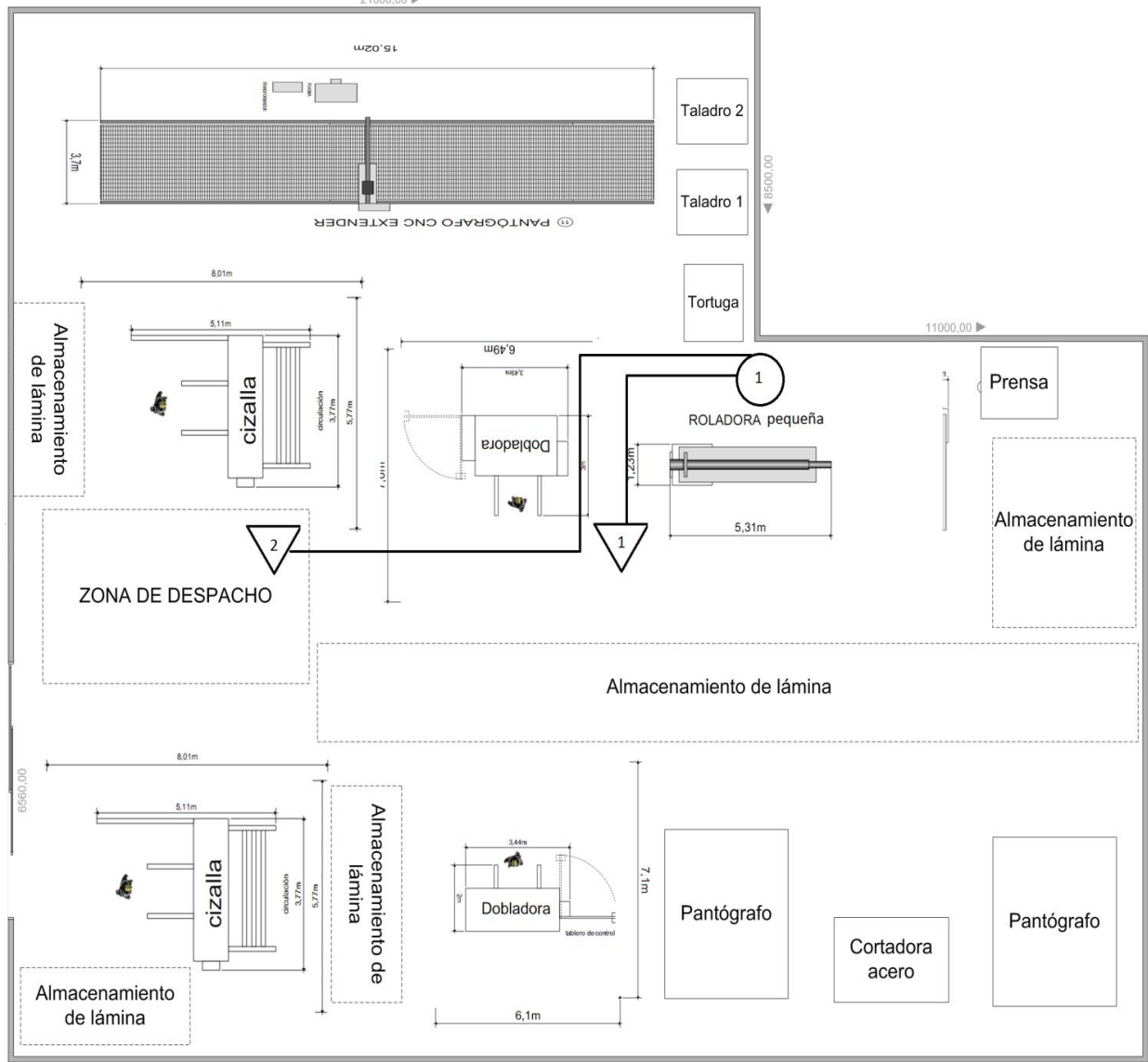
Anexo J. Cursograma analítico tipo material para la roladora 1 (cambio de rodillo)



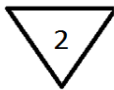
Anexo K, Cursograma analítico tipo material para la roladora pequeña



Anexo L, Diagrama flujo para el proceso de rolado



Zona de productos en proceso para roladoras

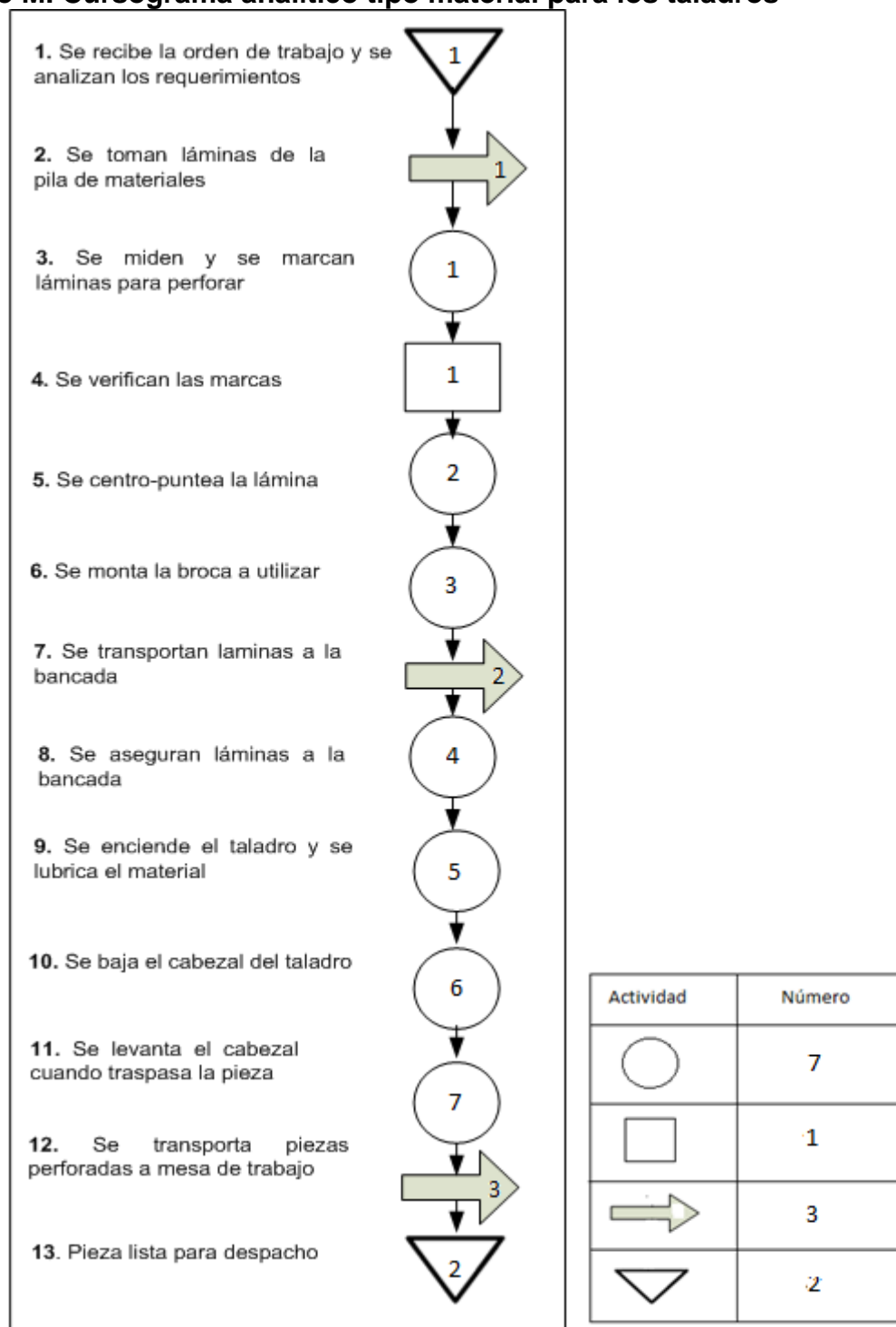


Zona de despacho

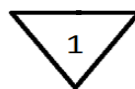
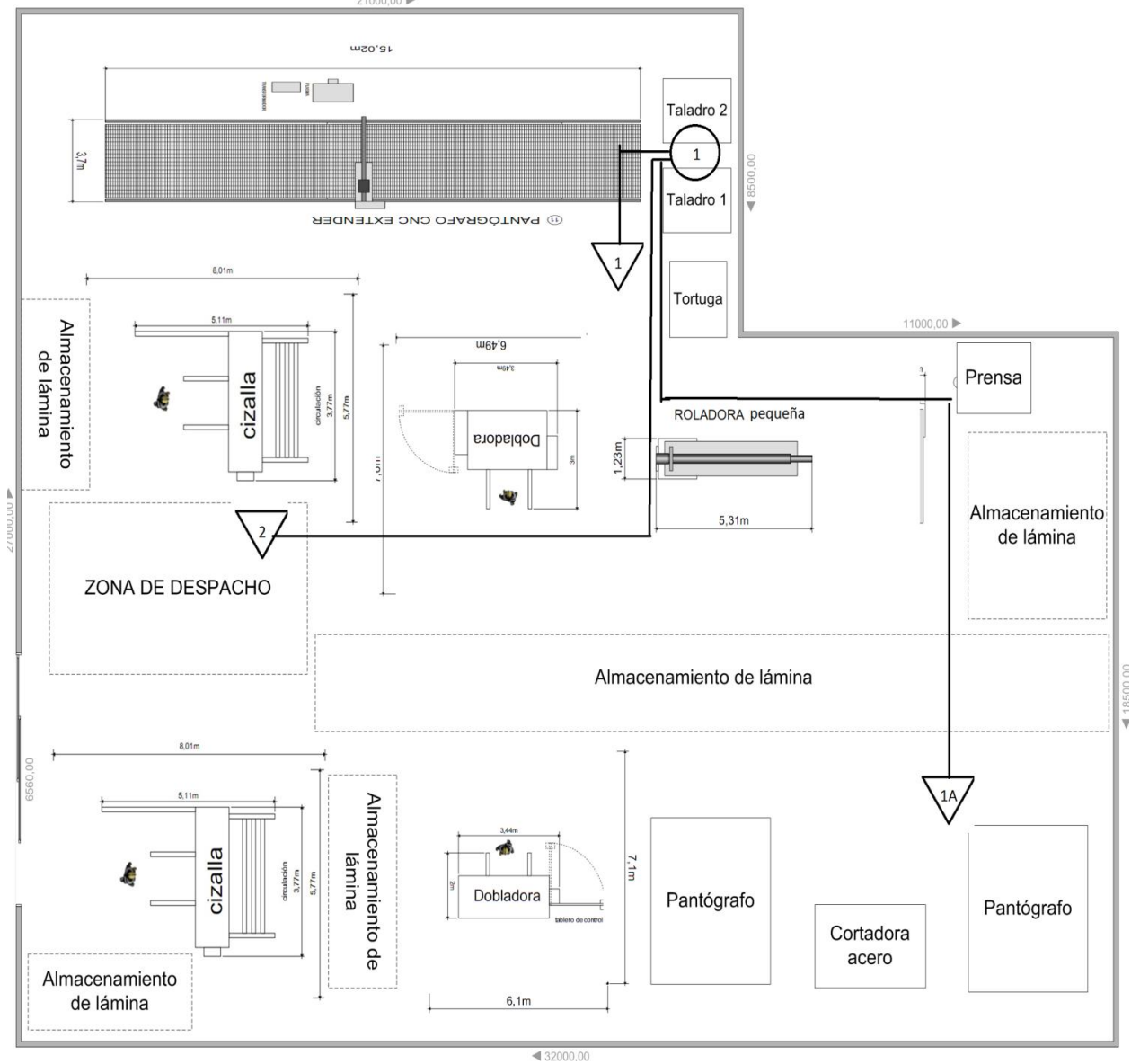


Operación de rolado

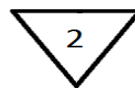
Anexo M. Cursograma analítico tipo material para los taladros



Anexo N, Diagrama de flujo para los taladros



Zona de producto en proceso para taladros

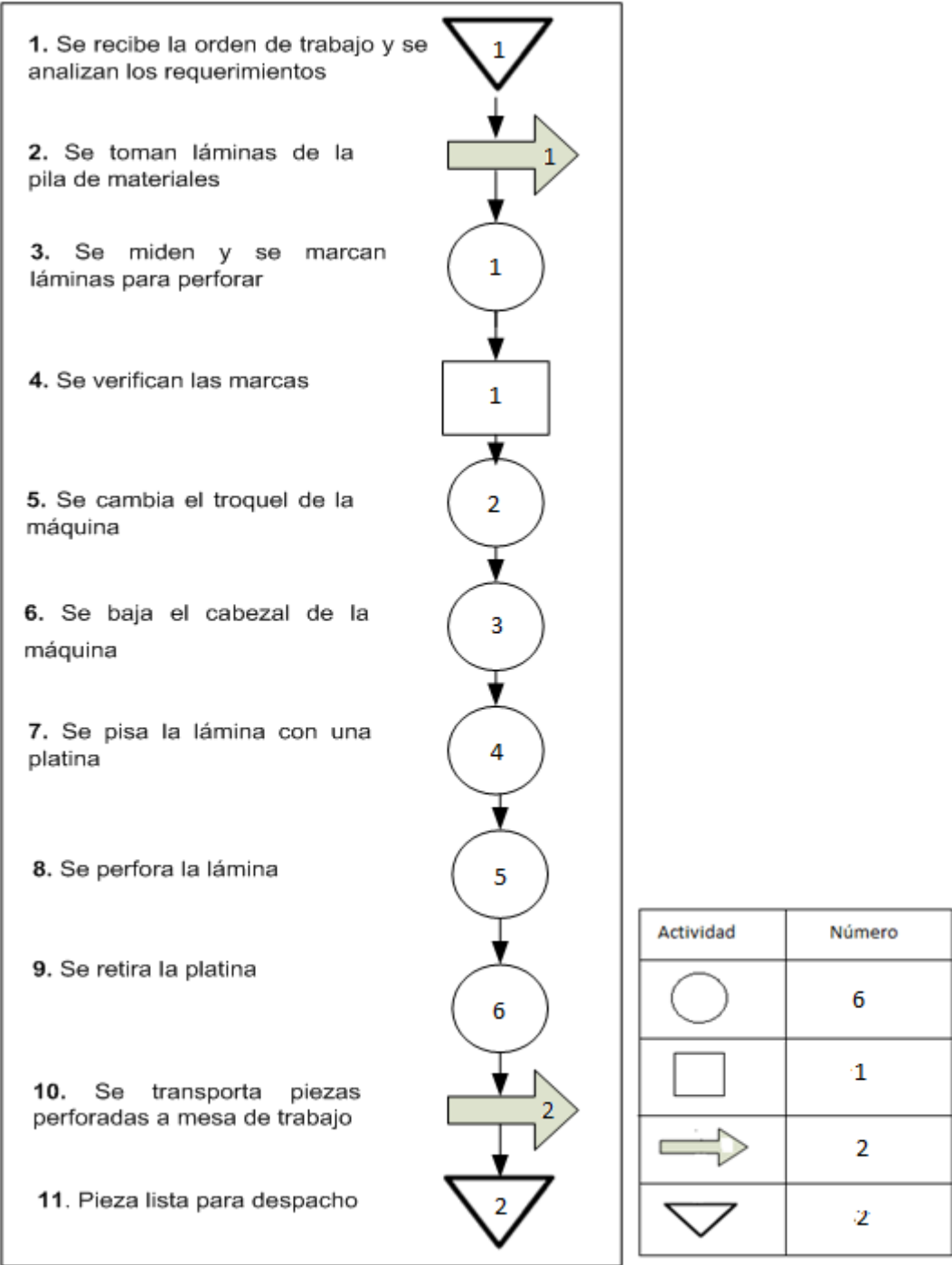


Zona de despacho

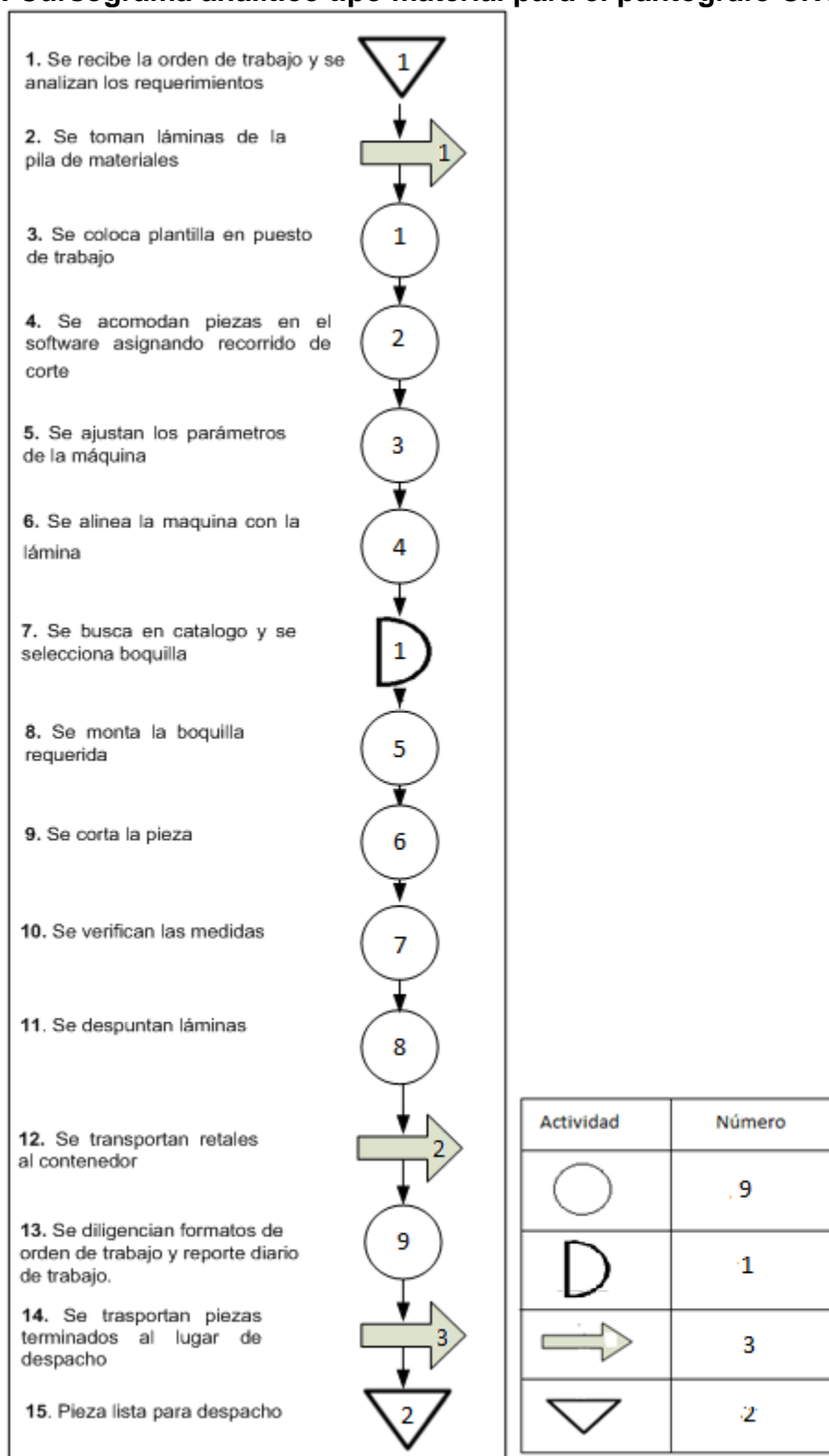


Operación de taladrado

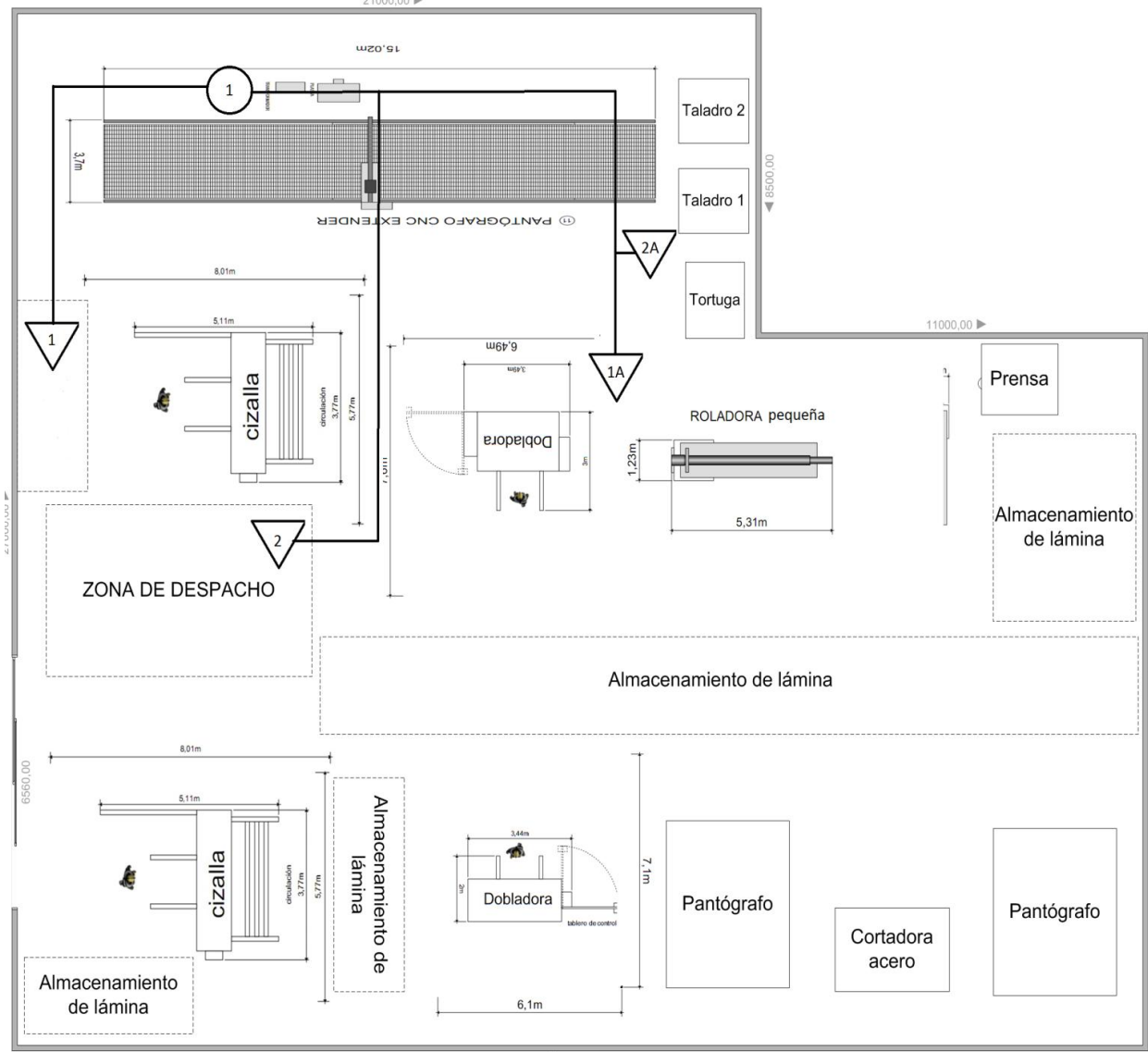
Anexo O. Cursograma analítico tipo material para la punzonadora



Anexo P. Cursograma analítico tipo material para el pantógrafo CNC

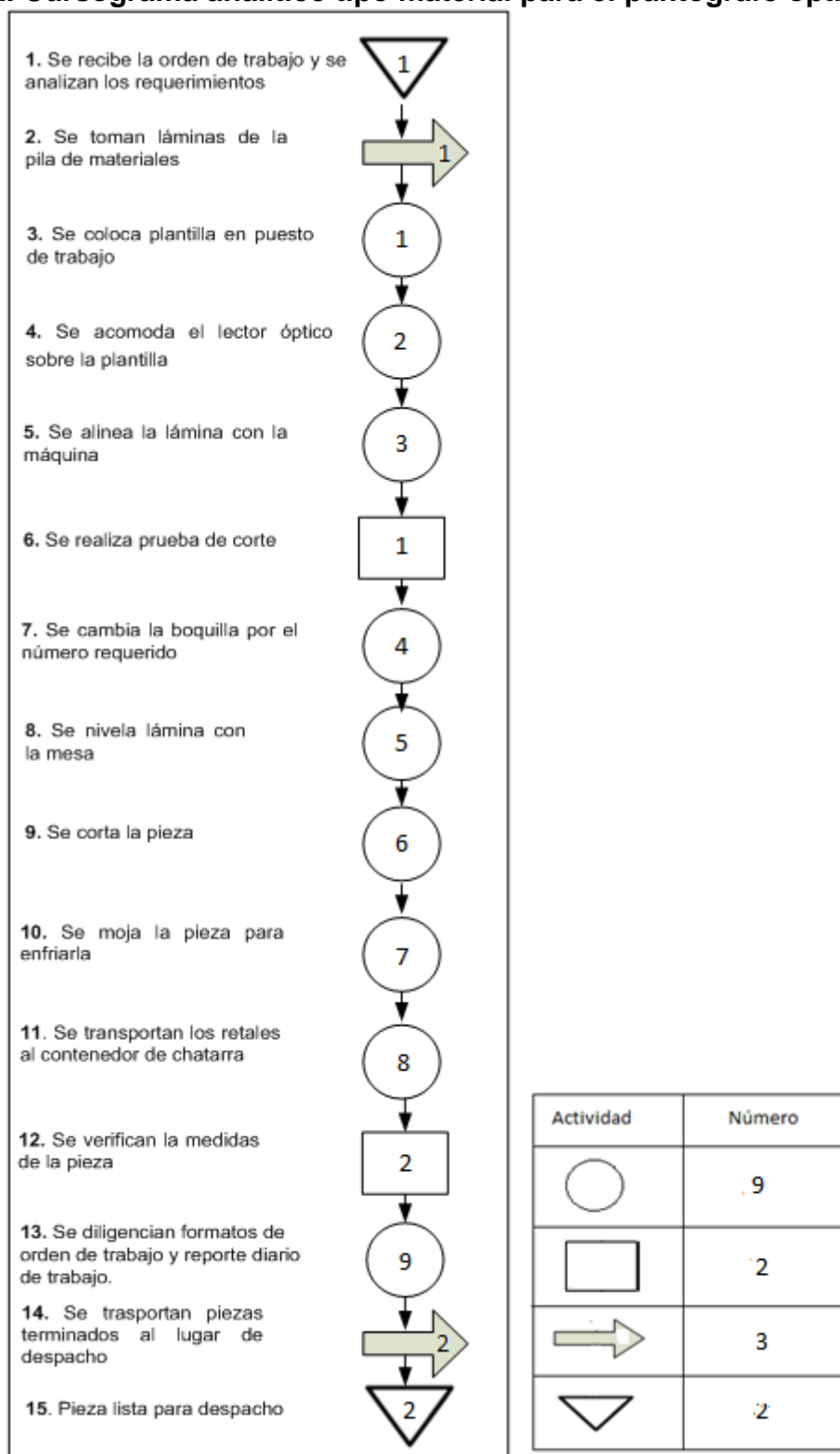


Anexo Q, Diagrama de flujo pantógrafo CNC

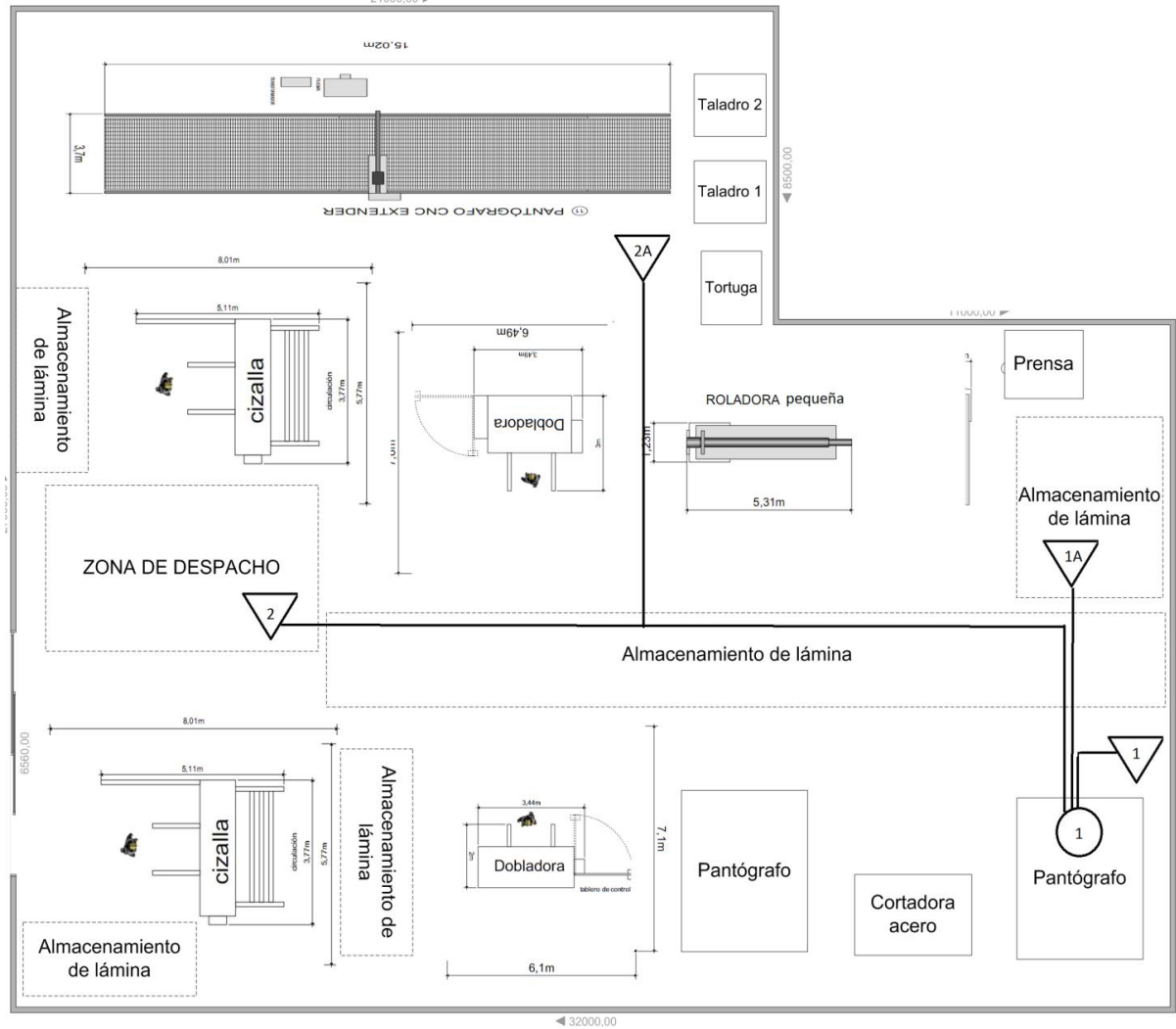



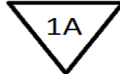

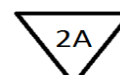

- 1 Zona de almacenamiento de lámina 1
- 1A Zona de almacenamiento de lámina 2
- 2 Zona de despacho
- 2A Zona de producto en proceso para taladros
- 1 Operación de corte

Anexo R. Cursograma analítico tipo material para el pantógrafo óptico



Anexo S, Diagrama de flujo para el pantógrafo óptico



-  Zona de almacenamiento de lámina 1
-  Zona de almacenamiento de lámina 2
-  Zona de despacho
-  Zona de producto en proceso para taladros
-  Operación de corte